
AJONEUVOLIIKENTEN AUTOMAATTINEN VIDEOLASKENTA



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikennealan koulutusohjelma

Riihimäen toimipiste, kevät 2014

Heikki Alkila



RIIHIMÄKI

Liikennealan koulutusohjelma

Älykkäät liikennejärjestelmät

Tekijä

Heikki Alkila

Vuosi 2014**Työn nimi**

Ajoneuvoliikenteen automaattinen videolaskenta

TIIVISTELMÄ

Ajoneuvoliikenteen automaattinen videolaskenta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Trafix Oy, jossa työn ohjaajana toimi Juha Lappeteläinen (ins. AMK). Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia liikenteen määriin ja sujuvuuteen liittyviä tietotarpeita sekä testata videolaskentatekniikka liikennelaskentojen tekemiseen.

Trafixissa tehdään jatkuvasti liikennelaskentoja erilaisiin asiakastarpeisiin. Laskennat on tehty tähän asti käsin, koska sopivia laitteita ja ohjelmistoja ei ole ollut olemassa. Yleensä tarpeena on liittymien liikenteen laskeminen sekä ajoneuvoliikenteen erottelu kääntymissuunnittain, mihin perinteiset laskentalaitteet eivät sovellu. Videolaskenta koetaan kiinnostavaksi menetelmäksi, koska sillä voidaan laskea liikennettä myös liittymissä. Menetelmää ei ole tiettävästi aiemmin testattu Suomessa.

Videolaskennan testaamista varten saatiin koekäyttöön ranskalainen OD Soft-liikenteen laskentaohjelma, jonka toimivuutta tarkasteltiin Espoossa ja Helsingissä eri liittymissä kuvatuilla videoilla. Menetelmän virhettä tutkittiin vertaamalla laskentaohjelman tuloksia käsilaskennan tuloksiin.

Työn tuloksena voidaan todeta, että liikenteen automaattinen videolaskenta on mahdollista. Liikenteen määrän suhteen laskentaohjelman virhe on sopivissa olosuhteissa alle viisi prosenttia. Sääolosuhteisiin ja kameran sijoittamiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi ei voida kuitenkaan antaa tarkuita laskentatarkkuudesta. Ajoneuvojen luokittelu eri ryhmiin ei toiminut OD Softilla edes tyydyttävällä tasolla.

Työstä saatuja tuloksia esitellään jatkossa liikenteen määrätietoa tarvitseville tahoille, kuten kunnille. Menetelmä ei ole vielä riittävän tarkka ja luotettava kaikkiin tarkoituksiin, mutta lupaavien tulosten johdosta kehitystä kannattaa seurata.

Avainsanat liikennelaskenta, ajoneuvoliikenne, konenäkö**Sivut**

29 s. + liitteet 7 s.

Riihimäki

Degree Programme in Transport and Traffic Management

Intelligent traffic systems

Author

Heikki Alkila

Year 2014

Subject of Bachelor's thesis

Automatic video counting of vehicle traffic

ABSTRACT

The commissioner of this thesis was Trafix Oy and was supervised by Juha Lappeteläinen (BEng). The aim of this thesis was to study information needs related to the number and flow of traffic and to test automatic video counting technology for traffic counting.

Trafix makes continuous traffic counting for different kinds of customer needs. Currently counting is being done manually because no suitable equipment and software are available. Usually traffic counting is needed at an intersection to identify turning movements of vehicles. Automatic video counting is seen as an interesting method to count traffic in intersections. As far as it is known, this technology hasn't been tested in Finland before.

The French OD Soft traffic counting software was chosen for testing purposes. The functionality of the software was tested with videos filmed at various intersections in Espoo and Helsinki. Inaccuracy of the software was studied by comparing results of automatic counting to a manual count.

As a result, it can be said that automatic video counting of vehicle traffic is possible. In good conditions, the counting error of the software is lower than five percent. The counting error is highly dependable on weather conditions and positioning of the cameras and therefore low counting error cannot be guaranteed. Classification of vehicles into different groups (cars and trucks/busses) didn't work adequately.

The results will be presented to the necessary parties and organizations, such as municipalities and bureaus. The method isn't accurate and reliable enough for all kinds of needs, but because of the promising results, this method should be developed further.

Keywords traffic counting, vehicle traffic, computer vision

Pages 29 p. + appendices 7 p.



SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	LIIKENTEEN LASKEMINEN SUOMESSA	1
2.1	Liikennetiedon tarve.....	1
2.1.1	LAM-järjestelmä	3
2.1.2	Yleinen liikennelaskenta	3
2.1.3	Espoon kaupungin laskennat	4
2.1.4	Toimivuustarkastelut	4
2.1.5	Kansallinen älyliikennestrategia.....	5
2.1.6	Älyliikenne Helsingissä -strategia.....	5
2.2	Liikennelaskentoihin liittyvät mittarit ja käsitteet.....	6
2.2.1	Ajoneuvojen luokittelu	6
2.2.2	Tulosten esittämistapoja	7
3	LASKENTAMENETELMÄT.....	7
3.1	Automaattinen videolaskenta	8
3.1.1	Liikkeen tunnistaminen videolta	8
3.1.2	Kameran sijoittaminen.....	10
3.1.3	Kuvaamiseen liittyvä lainsäädäntö	11
3.1.4	Markkinoilla olevia sovelluksia	12
3.2	Silmukkkailmaisimet.....	14
3.3	Mikroaaltoilmaisimet	14
3.4	Muut tekniset ratkaisut	15
4	VIDEOLASKENTAOHJELMAN TESTAUS.....	16
4.1	Videolaskentaohjelma	16
4.2	Kuvauskaluston valinta	18
4.3	Koelaskentojen kohteet	19
4.4	Koelaskentojen tulokset ja virhe	20
4.4.1	Espoon keskus, Kirkkojärventie-Kannusillankatu	21
4.4.2	Kivenlahti, Espoonlahdenranta-Kipparinkatu	21
4.4.3	Tapiola, Kauppamiehentie-Pohjantie	22
4.4.4	Malmi, Malminkaari-Teerisuontie	23
4.4.5	Malmi, Malminkaari-Soidintie	23
4.4.6	Leppävaara, Leppävaarankatu-Hevosenenkä	23
4.5	Yhteenvedo laskentaohjelman toiminnasta ja virheestä	24
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
	LÄHTEET	28
Liite 1	Videolaskennan testauksen tulokset Espoon keskus	
Liite 2	Videolaskennan testauksen tulokset Kivenlahti	
Liite 3	Videolaskennan testauksen tulokset Tapiola	
Liite 4	Videolaskennan testauksen tulokset Malmi I	

Liite 5	Videolaskennan testauksen tulokset Malmi II
Liite 6	Videolaskennan testauksen tulokset Leppävaara

1 JOHDANTO

Monet liikennealan opiskelijat joutuvat opintojensa aikana tai ensimmäisissä työpaikoissaan tekemisiin liikennelaskennan kanssa. Perinteisesti laskenta tehdään tukkimiehenkirjanpidolla valmiille kaavakkeille tai ruutuvihkoon. Käsilaskenta on lähes kaikkien mielestä puuduttavaa ja tylsää hommaa, mutta monesti se on ollut ainoa tapa hankkia tarpeellista liikennemäärätietoa.

Ajatus tämän opinnäytetyön aiheesta lähti elämään useita päiviä vieneen käsilaskennan seurauksena. Taustalla oli jonkinlainen käsitys siitä, mitä tietokoneella pystytään tunnistamaan videokuvasta nykYTEKNIKALLA. Tarkoitukseen soveltuvan ohjelman löytäminen oli lopulta yllättävän vaikea urakka, mutta viimein parin kuukauden neuvottelujen jälkeen saimme erään ohjelman koekäyttöön.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on antaa kuva siitä, minkälaista liikennetietoa on tarve kerätä nyt tai lähitulevaisuudessa. Lisäksi työssä käydään läpi vaihtoehtoisia teknisiä ratkaisuja, joilla tietoa voidaan kerätä. Lopuksi arvioidaan tätä opinnäytetyötä varten testikäyttöön saadun OD Soft-videolaskentaohjelman käyttökelpoisuutta ja luotettavuutta.

Tässä työssä keskitytään ajoneuvoliikenteen laskemiseen. Videolaskentaa voitaisiin todennäköisesti hyödyntää myös kevyen liikenteen laskennoissa sekä joukkoliikenteen matkustajalaskennoissa. Opinnäytetyö rajattiin kuitenkin koskemaan vain ajoneuvojen laskentaan, koska testikäyttöön saatu laskentaohjelma soveltuu ainoastaan tähän tarkoitukseen.

2 LIIKENTEEN LASKEMINEN SUOMESSA

Eräässä historiikissa mainitaan, että vuonna 1926 Tampereen Hämeensilän ylitti vuorokauden aikana 980 onnikkaa. Jälkikäteen on vaikea arvioida, mitä tarkoitusta varten tieto on haluttu kerätä, mutta antaa se meille jälkipolville kuvan, kuinka vilkasta onnikkaliikenne on ollut jo tuolloin. Sittenmin liikenteen lisääntyessä on liikennetiedon keräämiselle löydetty monia uusia tarpeita.

Tässä osiossa pyritään antamaan yleiskuva Suomessa tehtävien liikennelaskentojen nykytilanteesta sekä tulevaisuuden tarpeista. Osiossa käsitellään myös laskentoihin liittyviä mittareita ja käsitteitä, joista monet ovat vakiintuneet käyttöön vuosikymmeniä jatkuneen tilastoinnin myötä.

2.1 Liikennetiedon tarve

Liikenteen määrä- ja koostumustiedot ovat yksi keskeisimmistä tietoi-neistoista liikennesuunnittelun kannalta. Muutokset liikennevirroissa kertovat yhteiskunnan liikennetarpeiden kehityksestä ja antavat tietoa siitä mihin liikennejärjestelmän osiin tulisi kohdistaa uusia investointeja. Kes-kivuorokausiliikenne antaa yleiskuvan yksittäisen tien merkityksestä ja

sen perusteella voidaan määrittää esimerkiksi tiehen kohdistettavan ylläpidon laatutaso. Huipputuntien liikennemäärä taas tarvitaan lähtötiedoksi, kun halutaan ennakoida detaljisuunnitelman vaikutusta liikenteen sujuvuuteen. Liikenteen määrä- ja koostumustietojen laskentatyypit ja tarpeet voitaisiinkin jaotella esimerkiksi taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Liikenteen määrä- ja koostumuslaskentojen tyypit

Tyyppi	Kesto	Käyttökohteita
Lyhyt otoslaskenta	– lasketaan yhden tai korkeintaan muutaman liittymän huipputuntien liikennemäärät – tehdään yleensä käsilaskentana	– suppean alueen liikenteen toimivuustarkastelu detaljisuunnittelun työkaluna
Jatkuva laskenta	– kerätään liikennemäärätieto- ja jatkuvasti samoista laskentapisteistä – laskenta tehdään linjaosuuksilla konelaskentana	– liikennejärjestelmäsuunnittelu – ylläpidon suunnittelu – tilastointi – voidaan tutkia vuodenajan tai vuorokauden ajan vaikutusta liikennemääriin – nähdään pitkän ajan kehityksen suunta.
Reaaliaikainen laskenta	– jatkuva laskenta, josta saadaan reaaliaikaista määrätietoa esimerkiksi liikenteenohjauskeskukseen	– liikenteen hallinta, esim. vaihtuvat nopeusrajoitukset – voidaan ennakoida ruuhkia lyhyellä aikavälillä – liikennejärjestelmän reaaliaikainen tilannekuva

Älyliikenne on ollut viime vuosina suuressa roolissa erilaisissa strategioissa ja tulevaisuusvisioissa. Liikenteen hallinnan ja reaaliaikaisen tilannekuvan avulla liikenteestä yritetään tehdä entistä älykkäämpää, joustavampaa ja sujuvampaa, mutta uudet palvelut luovat myös uudenlaisia tietotarpeita. Aiemmin reaaliaikaiselle liikennetiedolle ei ole ollut juuri käyttöä, mutta nyt vaihtuvilla opasteilla ja erilaisilla päätelaitteilla, kuten älypuhelimilla ja navigaattoreilla, voidaan jakaa tietoa suoraan tiellä liikkuville. Vanhojen teiden varsilla sijoitettujen mittauspisteiden tieto voidaan siirtää lähes reaaliaikaisesti liikennekeskuksiin ja käyttäjille, mutta esimerkiksi aidosti reaaliaikaista tilannekuvaa varten mittauspisteiden määrä ei ole riittävä edes päätieverkolla.

Liikenne ja viestintäministeriö sekä Helsingin kaupunki ovat strategioissaan visioineet vaihtoehtoja ajantasaisen liikennetiedon keräämiseksi. Pistemäinen määrätieto ei välttämättä ole tulevaisuudessa tarpeen, jos kaikkien ajoneuvojen reittejä ja matka-aikoja voitaisiin seurata esimerkiksi mobiililaitteiden sijaintitiedon perusteella. Suunnitelmat sijaintitiedon keruusta ovat herättäneet myös kritiikkiä, koska monien mielestä jatkuva seuranta loukkaa kansalaisten yksityisyyttä.

Seuraavissa osioissa esitellään esimerkkien kautta millä tavalla ja mihin tarkoituksiin Suomessa nykyisin kerätään liikenteen määrä-, koostumus- ja matka-aikatietoa.

2.1.1 LAM-järjestelmä

LAM-järjestelmä eli Liikenteen Automaattinen Mittausjärjestelmä koostuu eripuolille Suomea sijoitetuista kiinteistä mittauslaitteista. Ensimmäiset LAM-pisteet rakennettiin 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa, jolloin asemia rakennettiin päätieverkolle noin 170 kappaletta. Sitten pisteitä on perustettu myös muihin tarpeisiin kuten liikenteen seurannan tarpeisiin ja rajanylityspaikkojen liikenteen seurantaan. (Tiehallinto 2002, 8.)

LAM-mittauslaitteet tallettavat kaikista ohittavista ajoneuvoista seuraavat tiedot (Tiehallinto 2002, 8):

- aika (sadasosasekunnin tarkkuudella)
- suunta
- kaista
- ajoneuvoluokka (seitsemän luokkaa)
- ajoneuvon pituus
- nopeus

Tietokantaan tallennettavien tietojen perusteella lasketaan mm. liikenteen kehitys valtakunnallisesti ja alueellisesti. Tiedoista voi tarkastella myös esimerkiksi tuntiliikennettä, vuorokausiliikennettä ja kausivaihtelukertomiamia. LAM-tietokannan vertailutietoja käytetään esimerkiksi viikonloppujen ja juhlapyhien ruuhkaennusteiden tekemiseen. (Tiehallinto 2002, 8.)

LAM-pisteiden tuottamaa tietoa käytetään nykyisin myös vaihtuvien opasteiden ohjaamiseen. Pistenopeus- ja määrätietojen käytetään niin sanotussa suosituslaskennassa, jonka perusteella määritetään vaihtuvien opasteiden näyttämä nopeusrajoitus sekä muissa merkeissä esitettävä informaatio. Liikennetietojen lisäksi suosituslaskennassa käytetään tiesääasemilta kerättävää kelitietoa. (Tiehallinto 2009, 56-57.)

Liikennevirasto julkaisee LAM-asemien keräämistä liikennetiedoista vuosittaisen yhteenvetoraportin eli LAM-kirjan. Viime vuosina julkaistut kirjat on ladattavissa sähköisinä versioina Liikenneviraston www-sivuilta.

Noin 250 LAM-asemaa on reaaliaikaisessa seurannassa. Niiden mittaus-tiedot liikennemäärien ja keskinopeuksin osalta ovat saatavissa avoimena datana Liikenneviraston Digitraffic-palvelun kautta. Palvelun verkkosivujen mukaan tiedot päivittyvät tyypillisesti noin viiden minuutin välein.

2.1.2 Yleinen liikennelaskenta

LAM-järjestelmän keräämiä tietoja täydennetään vuosittain Yleisellä liikennelaskennalla, jota tehdään otoslaskentana siirrettävillä laskimilla. Yleistä liikennelaskentaa tehdään päätieverkon lisäksi myös alemmalla tieverkolla eli seutu- ja yhdysteillä. Laskentaan käytetään silmukka- ja mikroaaltolaskimia. Silmukkalaskimia käytetään lähinnä vilkkailla tieosuuksilla sekä niillä tieosuuksilla, joilla on enemmän kuin kaksi kaistaa. (Tiehallinto 2002, 9.)

Nykyisin Yleistä liikennelaskentaa tekee Liikenneviraston sopimuskumppanina Sito Oy, joka vastaa muun muassa laskentalaitteiden viemisestä maastoon. (Sito Oy 2014.)

Laskentaa tehdään vuosittain noin 3500 laskentapisteessä (Sito Oy 2014). Laskenta tehdään kussakin pisteessä vähintään viiden päivän ajan sekä kesällä että syksyllä (joissakin pisteissä myös talvella). Tulosten perusteella kullekin mitattavalla tieosuudelle lasketaan keskimääräinen vuorokausiliikenne. Lisäksi saadaan myös tieto kunkin tieosuuden viikonpäivä- ja tuntikohtaisesta liikennemäärän vaihtelusta. (Tiehallinto 2002, 9.)

Yleisen liikennelaskennan tuottamia tietoja käytetään ainakin tienpidon suunnittelun tarpeisiin sekä hallintajärjestelmien perustietona. LAM-mittausten ja Yleisen liikennelaskennan perusteella lasketaan vuosittaiset valtakunnalliset ajoneuvolajikohtaiset suorit tiedot. (Tiehallinto 2002, 10.)

2.1.3 Espoon kaupungin laskennat

Espoossa on tehty järjestelmällistä liikennetutkimusta 1960-luvulta lähtien. Nykyään tutkimuksesta julkaistaan vuosittainen raportti, jonka tavoitteena on antaa kokonaiskuva ajoneuvo-, jalankulkija-, pyöräilijä- sekä joukkoliikenteestä. Raportin mukaan tuloksia käytetään maankäytön suunnittelussa, liikenneverkon parannustoimenpiteiden suunnittelussa, liikenne-ennusteiden laadinnassa, liikenneturvallisuustarkasteluissa sekä liikennemelun ja pakokaasupäästöjen laskennassa. (Espoon kaupunki 2014, 2.)

Espoossa tehdään liikennetutkimukseen liittyvää liikennelaskentaa vuosittain 90 kiinteässä ja 120 muuttuvassa tie- tai katuosakohteessa. Kiinteissä kohteissa laskenta tehdään silmukkalaskimilla sekä tiedonkeruuna LAM-asemilta. Muuttuvissa kohteissa käytetään mikroaaltolaskinta. Lisäksi katuverkon liikennemäärätietoa kerätään liikennevalopalvelimelta ja joitakin liittymälaskentoja tehdään myös käsilaskentana. (Espoon kaupunki 2014, 8.)

Espoon kaupunki seuraa keskimääräisen arkivuorokausiliikenteen kehitystä vertailemalla saman viikon liikennemääriä eri vuosina. Referenssiviikoksi on valittu viikko 37. (Espoon kaupunki 2014, 8.)

Myös muissa suuremmissa kaupungeissa tehdään vastaavia laskentoja vuosittain.

2.1.4 Toimivuustarkastelut

Liikenteen toimivuustarkasteluja tehdään suunnittelun osana, kun halutaan ennustaa toimenpiteiden vaikutusta liikenneverkon kuormitukseen ja kapasiteettiin. Tarkastelut suoritetaan nykyisin yleensä tietokoneohjelmilla, jotka voidaan jakaa mikro- ja makrosimulointiohjelmiin. Jälkimmäisillä käsitellään laajoja kokonaisuuksia, kuten uuden väylän tai suurten alueiden rakentamisen vaikutuksia liikennemääriin. Mikrosimulointiohjelmalla

voidaan tarkastella esimerkiksi katusuunnitelman toimivuutta, liikennevalojen ajastusta tai pienelle alueelle keskittyvän rakentumisen vaikutuksia.

Makrotason toimivuustarkasteluissa halutaan tietää, mistä matka alkaa ja minne se päättyy. Mikrotasolla tietotarve rajoittuu yleensä korkeintaan muutamaan liittymään ja siihen, miten ajoneuvovirrat jakautuvat niissä eri kääntymissuuntiin. Laajempaa aluetta tarkasteltaessa voidaan hyödyntää esimerkiksi LAM-pisteiltä saatavia liikennemäärätietoja. Mikrotason tarkasteluja varten on aina tarve tehdä liikennelaskentoja suunnittelukohteena olevalla alueella.

Liittymät ovat yleensä liikenteen pullonkauloja, joten mikrotason toimivuustarkasteluissa mielenkiinto kohdistuu yleensä niihin. Liikenteen jakautuminen liittymässä eri kääntymissuuntiin, erityisesti vasemmalle kääntyvien osuus, voi vaikuttaa ratkaisevasti liittymän toimivuuteen. Mikrosimulointia varten onkin saatava mahdollisimman tarkat tiedot nykytilanteesta. Liittymien liikennemäärät on aina laskettu käsilaskennalla, koska eri kääntymissuuntia jaottelevaa automaattista laskentalaitetta ei ole ollut.

Niin mikro- kuin makrotasolla toimivuustarkastelulla halutaan päästä kiinni liikenteen huipputunteihin, koska väylien ja liittymien pitäisi välittää liikennevirrat myös ruuhka-aikoina. Niinpä simulointia varten tehtävien liikennelaskentojen tarve rajoittuu yleensä parin tunnin jaksoihin aamulla ja iltapäivällä.

2.1.5 Kansallinen älyliikennestrategia

Liikenne- ja viestintäministeriö on kansallisessa älyliikennestrategiassa nimennyt maan kattavan liikenteen tilannekuvan yhdeksi keskeiseksi tulevaisuuden tavoitteeksi. Tilannekuvan tavoitteena on tarjota ajantasainen näkymä liikenteeseen, väyliin, kulkuvälineiden sijaintiin sekä olosuhteisiin liittyvään tietoon. Käyttäjille palvelu tarjoaisi lyhyen ajan ennusteen liikennemääristä, liikenteen sujuvuudesta, häiriöistä, täsmällisyydestä sekä vallitsevista keliolosuhteista. Palvelun toivotaan parantavan arjen matkojen sekä kuljetusten sujuvuutta ja ennustettavuutta. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2013, 23-24.)

Strategiassa todetaan, että tilannekuvan laatu on täysin riippuvainen kerättävän tiedon laadusta. Liikennemäärätietoa ei kerättäisi pelkästään piste-mäisillä mittauksilla vaan tietoa haluttaisiin koota myös liikkujien navigointi- ja mobiililaitteista. Käyttäjiltä kerättävää tietoa pidetään kustannustehokkaana vaihtoehtona, koska sen kerääminen ei edellytä investointeja kiinteisiin tienvarsirakenteisiin. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2013, 24.)

2.1.6 Älyliikenne Helsingissä -strategia

Myös Helsingin kaupunki on määrittänyt omassa strategiassaan liikenteen tilannekuvan tärkeäksi tulevaisuuden tavoitteekseen. Strategiasta on koot-

tu raportti Älyliikenne Helsingissä. Raportissa todetaan, etteivät liikennelaskentaan ja liikennevaloihin liittyvät anturit ole tarkoitettu ajantasaisen tiedon välitykseen muihin tarkoituksiin. Liikennetietoa keräävät järjestelmät perustuvat nykyisin kiinteisiin mittausantureihin (induktiosilmukoihin) ja kamerajärjestelmiin (rekisterikilpien tunnistus). Myös Helsinki pitää kiinteitä antureita laitehankintojen ja ylläpidon suhteen hintavina. Tällä hetkellä Helsingissä kerätään matka-aikatietoa rekisteritunnuksen tunnistaviin kameroihin perustuvalla järjestelmällä, joka on raskas ylläpitää ja altis huonolle säälle. (Helsingin kaupunki 2013, 31.)

Älyliikenne Helsingissä -raportissa pohditaan eri vaihtoehtoja, joilla liikennetietoa voitaisiin kerätä tulevaisuudessa. Anonymisti kerättävää liikujien sijaintitietoa pidetään tällä hetkellä kiinnostavimpana tapana liikennetiedon hankkimiseen. Teknisistä vaihtoehtoista raportissa mainitaan matkapuhelimiin, GPS-paikannukseen sekä Bluetooth ja WLAN-verkkoihin perustuvat järjestelmät. Kuitenkin ruuhkautuvilta tieosuuksilta on tulevaisuudessakin tarve kerätä myös liikenteen määrätietoa, koska sen perusteella voidaan nähdä kuinka lähellä liikennetilanne on ruuhkautumisesta ja tien kapasiteettia. (Helsingin kaupunki 2013, 31.)

2.2 Liikennelaskentoihin liittyvät mittarit ja käsitteet

Seuraavassa on esitetty joitakin liikenteen laskentoihin ja tilastointiin liittyviä keskeisiä termejä. Tilastointia varten termistö on vakiintunut.

KVL eli vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne tarkoittaa vuoden kaikkien päivien liikennemäärien summaa jaettuna vuoden päivien lukumäärällä. Usein puhutaan myös arkivuorokausien (KAVL) ja kesän (KKVL) keskimääräisestä liikenteestä, koska ne saattavat erota huomattavasti kaikkien päivien liikennemääristä. Näitä termejä käytetään esimerkiksi LAM-kirjassa.

Etenkin liikenteen simuloinnissa on tarve päästä kiinni liikenteen huippuihin. Vuorokauden sisällä huiput osuvat yleensä yksiin aamun ja iltapäivän työmatkaliikenteen kanssa, joten huipuista käytetään termejä aamupäivän (AHT) ja iltapäivän (IHT) huipputunti.

2.2.1 Ajoneuvojen luokittelu

Ajoneuvoryhmien luokittelutarve riippuu siitä, mihin käyttöön liikennetietoa kerätään. Toimivuustarkastelujen ja lyhyen ajan ennusteiden kannalta olennaisinta on liikenteen kokonaismäärä. Raskaat ajoneuvot kiihdyttävät ja pysähtyvät hitaasti, joten ne syövät kapasiteettia huomattavasti enemmän kuin pienemmät ajoneuvot. Toimivuuden kannalta onkin yleensä riittävää, jos liikennevirrasta pystytään laskemaan kokonaismäärän lisäksi raskaiden ajoneuvojen osuus. Tarkempaa erottelua ei yleensä tarvita.

Tilastollisesta näkökulmasta, esimerkiksi tarkasteltaessa liikennemuotojen kehitystä kokonaisuutena, voi olla kiinnostavaa jakaa ajoneuvot tarkem-

piin ryhmiin. Alun perin tilastointia varten luotu LAM-järjestelmä luokittelee ajoneuvot seuraaviin ryhmiin:

1. henkilö- ja pakettiautot, ha
2. henkilöautot + peräkärryt, ha+k
3. henkilöautot + asuntovaunut, ha+av
4. linja-autot, la
5. ilman perävaunua olevat kuorma-autot, kaip
6. puoliperävaunulliset kuorma-autot, kapp
7. täysperävaunulliset kuorma-autot, katp

Liikenteen tilannekuvaa ja lyhyen ajan ennusteita varten ei ole syytä luokitella ajoneuvoja vaan tieto liikenteen kokonaismäärästä ja liikennevirran nopeudesta riittää.

2.2.2 Tulosten esittämistapoja

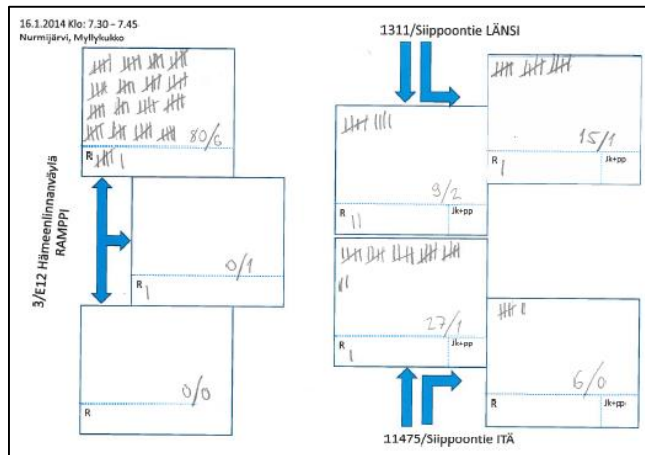
Liikenteestä kerätyn määrätiedon esittäminen riippuu siitä, mihin tarkoitukseen tieto on kerätty ja mihin sitä käytetään. Jatkuvien LAM-mittausten perusteella pystytään muodostamaan kuvaajia liikenteen kausi-, viikonpäivä- ja tuntivaihtelusta. Näistä voidaan nähdä esimerkiksi päivittäisten huipputuntien ajankohdat tai kesäkuukausien vaikutus liikennemäärään. Vuosia kestävä mittauksen tuloksena voidaan myös seurata keskivuorokausiliikenteen kehitystä.

Lyhyiden huipputunteja koskevien laskentojen tulokset esitetään usein niin sanotulla makkarakaaviolla. Kaaviossa tiet ja kadut piirretään viivoina, joiden paksuus vaihtelee kunkin linjaosuuden liikennemäärän mukaan. Paksu viiva kuvaa suurempaa liikennemäärää. Tällaisesta kaaviosta saa kuvan kunkin tien ja kadun liikenteellisestä merkityksestä liikenneverkon osana. Joskus liikennemäärien kuvaamiseen käytetään myös värejä viivapaksuuden lisäksi tai sijasta. Samantapainen kaavio soveltuu myös liikenteen tilannekuvan esittämiseen esimerkiksi käyttäjien päätelaitteissa.

Eräs tapa kuvata liikennevirtoja on lähtöpaikka-/määräpaikkamatriisi, josta käytetään joskus englanninkielestä lähtöisin olevaan lyhennettä OD-matriisi (Origin/Destination). Matriisissa esitetään taulukkomuodossa eri lähtö- ja määräpaikkojen välisen liikenteen määrä ja suunta. Esitystapa ei ole ihmiselle kovin havainnollinen, mutta eräät tietokoneohjelmat käyttävät tapaa tietojen syöttämiseen ja tulostamiseen. Taulukossa voidaan esittää yksittäisen liittymän liikenteen jakautuminen kääntymissuunnittain tai esimerkiksi eri kaupunginosien välinen liikenne aamun huipputuntin aikana.

3 LASKENTAMENETELMÄT

Vanhin menetelmä liikenteen laskemiseen on käsilaskenta, joka on yhä laajasti käytössä etenkin liittymälaskennoissa. Käsilaskenta voidaan tehdä suoraan paikan päällä liikennevirtaa seuraten tai jälkikäteen videonauhoituksen avulla. Laskenta tehdään yleensä tukkimiehen kirjanpidolla lomakkeelle tai ruutuvihkoon.



Kuva 1. Perinteinen tapa liikennelaskennan tekemiseen: tukkimiehen kirjanpito.

Suorien linjaosuuksien laskemiseen on kehitetty viime vuosikymmeninä yksinkertaisia ja toimivia teknisiä laitteita. Laskennan automatisoinnilla voidaan monessa tapauksessa toteuttaa laskenta huomattavasti pienemmillä kustannuksilla, jos laskentoihin kuluu vähemmän henkilötöytunteja. Seuraavissa osioissa esitellään erilaisia vaihtoehtoja, joilla liikennetiedon keräämistä voidaan automatisoida.

3.1 Automaattinen videolaskenta

Toistaiseksi liikenteen automaattista videolaskentaa ei ole tiettävästi käytetty Suomessa ainakaan kaupallisessa tarkoituksessa. Tekniikan tärkein etu verrattuna muihin automaattisiin laskentatapoihin on se, että videolaskennalla pystytään erottelamaan liittymän läpi kulkevat liikennevirrat tulo- ja poistumissuunnittain. Muilla automaattisilla tekniikoilla tämä on joko mahdotonta tai ainakin hankalasti toteutettavissa.

Liikenteen videolaskentaan on tarjolla vain harvoja kaupallisia ohjelmistoja vaikka tekniikkaa on tutkittu Internet-katsauksen perusteella ainakin 1990-luvulta lähtien. Osa ohjelmistoista on tarkoitettu vain tien suoran linjaosuuden laskentaan, mutta joillakin voidaan laskea myös liittymän liikennettä tulo- ja poistumissuunnittain.

Seuraavaksi selvitetään lyhyesti miten liikenteen automaattinen videolaskenta toimii ja mitä ongelmia ja haasteita tekniikan käyttöön liittyy. Tavoitteena on antaa karkea kokonaiskuva automaattisen videolaskennan prosessista lähtien kameran sijoittamisesta kuvaamista varten ja jatkuen ohjelmistojen käyttämien tekniikoiden rajoitteisiin.

3.1.1 Liikkeen tunnistaminen videolta

Liikkeen tunnistaminen videolta on ihmisellekin monimutkainen mekanismi, joka vaatii näköaistin ja aivojen yhteispeliä. Tietokone käsittelee videoita vain kuvien eli videokehysten sarjana, josta pyritään tunnistaa

maan kuvissa tapahtuvat ”muutokset”. Videolla tapahtuvat muutokset voidaan jakaa esimerkiksi seuraavalla tavalla:

1. Videokohina (pikselien väri vaihtelee keskiarvon ympärillä)
 2. Ympäristöstä johtuvat valoisuuden muutokset
 3. Kuvausjärjestelmän dynaaminen tarkennus
 4. Heiluvat puut, pensaat, jne.
 5. Liikkuvat varjot
 6. Liikkuvat objektit
- (Universita di Bologna 2008)

Edellisen listan muutoksista kohdat 1, 2 ja 3 eivät ole todellista liikettä. Seuraavat kaksi ovat todellista liikettä, mutta ne eivät ole yleensä liikkeen tunnistamisen kannalta kiinnostavia. Kun liike halutaan tunnistaa videolta, täytyy siis ratkaista kuinka liikkuvat objekti pystytään tunnistamaan kohtien 1-5 tekijöiden aiheuttamasta häiriöstä välittämättä. (Universita di Bologna 2008)

Jotta kuvakehyksessä tapahtuva muutos voidaan havaita, täytyy sitä verrata toiseen kuvaan. Kuvassa 2 on esitetty, mitä muutoksia kuvakehyksestä voidaan havaita, kun sitä verrataan ennalta määritettyyn taustakuvaan. Ensimmäisenä vasemmalla on tutkittava kuvakehys, oikean puolimmaisena perustilaksi määritetty taustakuva ja keskimmäisenä muutosalueita esittävä kuva. Kun useita peräkkäisiä kuvakehyksiä tutkitaan samalla tavalla, voidaan videosta tunnistaa liikkuvat objektit ja niiden liikkumissuunta.



Kuva 2. Videokehysten vertaaminen taustakuvaan (Kuva: Universita di Bologna)

Kuvasta 2 on myös havaittavissa eräitä liikkeen tunnistamisen ongelmia. Koska videolla esiintyy edellä lueteltuja häiriöitä, täytyy objektin värimuutoksen olla riittävä suuri, jotta se voidaan tunnistaa objektiksi. Kuvassa etualalla olevasta henkilöautosta jää konepelti tunnistamatta, koska sen väri on liian lähellä perustilan vastaavan kohdan väriä. Muutoksen tunnistamisen herkkyyttä voidaan toki tarkentaa, mutta se voi johtaa siihen että myös valon muutokset ja puiden heiluminen ovat ohjelman tunnistamaa liikettä, mikä vaikeuttaa halutun liikkeen erottamista. Tutkittavien objektien tulisi siis erottua riittävän hyvin videolta suhteessa häiriöihin, jotta liikkeen tunnistaminen voisi onnistua.

Liikennelaskennassa halutaan yleensä erottaa myös ajoneuvoryhmät toisistaan. Edellä esitetyllä tekniikalla tehtävässä videolaskennassa käytännössä ainoa tapa erottaa ajoneuvoryhmiä toisistaan on verrata kuvassa liikkuvien objektien kokoa. Koon määrittäminen kaksiulotteisesti kuvasta on vaikeaa, mutta ei mahdotonta, jos video on kuvattu sopivasta kulmasta. Laskenta-

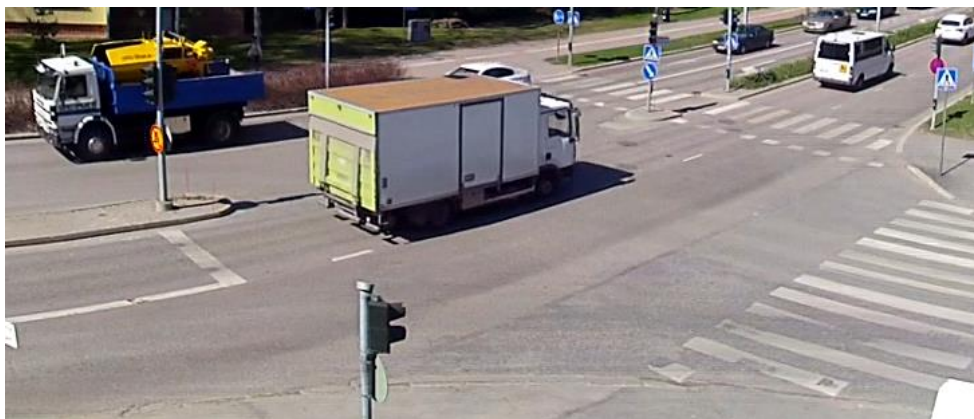
ohjelmaan voidaan määrittää referenssimittoja, jotta kuvan eri kohdissa olevien objektien kokoja voidaan verrata suhteessa toisiinsa.

3.1.2 Kameran sijoittaminen

Koska videolaskentaohjelma laskee kuvassa liikkuvia objekteja, tulee objektien näkyä riittävän hyvin, jotta ne voidaan tunnistaa. Ihmissilmän ja aivojen yhteistyöllä voidaan erottaa ja tunnistaa objekti pienestä vilahduksesta, mutta kone on tässä suhteessa vaativampi. Jos ajoneuvon tulo- ja poistumissuunnat halutaan määrittää, tulisi ajoneuvon mieluiten näkyä kuvassa koko matkan ajan sen ajaessa liittymän läpi.

Helpointa liikenteen kuvaaminen on käytännön järjestelyjen puolesta maan tasolta, mutta automaattiseen videolaskentaan tällä tavoin kuvattu materiaali ei sovellu, koska samalta tasolta kuvatussa videossa toiset ajoneuvot jäävät kokonaan toisten taakse näkymättömiin. Kamera pitäisikin saada nostettua niin ylös, etteivät ajoneuvot jää toistensa taakse. Ihanteellisin kuvakulma olisi suoraan ylhäältä päin, mutta kamerasiirron nostaminen risteyksen yläpuolella on teknisesti hankalaa – ja ainakin turhan kallista, jos asiaa lähestytään talouden näkökulmasta.

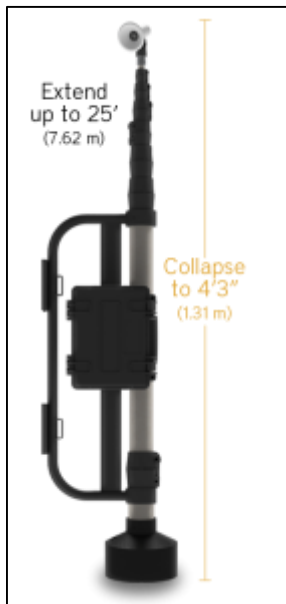
Käytännön sanelemien syiden vuoksi kuvakulman suhteen joudutaan tyytymään kompromissiin. Yläviistosta kuvatusta materiaalista pystytään useimmiten erottamaan lähes kaikki ajoneuvot. Periaatteena on kuitenkin, mitä ylempää, sitä parempi. Kuvassa 3 on esimerkki Tapiolan Heikintorin pysäköintilaitoksen ylätasolta kuvatusta videosta. Etualalla liittymän ohitettava kuorma-auto peittää lähes kokonaan toisesta suunnasta tulevan henkilöauton. Tällaisessa tapauksessa henkilöauton havaitseminen ja etenkin sen tulo- ja poistumissuuntien määrittäminen voi olla tietokoneohjelman avulla hankalaa. Jos raskaan liikenteen osuus ei ole kovin suuri, piiloon jääviä autoja ei ole välttämättä kovin paljon suhteessa liikenteen kokonaismäärään.



Kuva 3. Kuorma-auto peittää toiseen suuntaan ajavat henkilöautot videolla lähes kokonaan.

Liikennelaskentoja halutaan tehdä myös liittymissä, joiden lähellä ei ole korkeita rakennuksia. Tällaisessa tapauksessa kamera pitäisi saada nostettua riittävän korkealle jollakin muulla konstilla. Markkinoilla olevista toi-

mijoista Miovision on kehittänyt kevyen ja helposti kuljetettavan maston kameran nostamista varten (kuva 4). Lasikuidusta valmistettu masto nousee 7,6 metrin korkeuteen asti, mikä sekään ei välttämättä ole tarpeeksi, koska ajoneuvot voivat olla nykyisin jopa 4,4 metriä korkeita (Liikennevirasto 2013). Kevyttä mastoa käytettäessä kamera itsessään heiluu jonkin verran maston taipuessa esimerkiksi tuulen takia. Kameran liikkuminen on ongelmallista automaattisen videolaskennan kannalta, koska kuvan heilussa ohjelmisto saattaa luulla paikallaan pysyviä kappalaite liikkuviksi kohteiksi. Mastoa ei tämän työn yhteydessä testattu, joten kokemuksesta sen käyttökelpoisuudesta Suomen olosuhteissa ei toistaiseksi ole.



Kuva 4. Miovisionin kuvausmasto. (Kuva: Miovision)

Pitempiketoisissa laskennoissa kamera voidaan myös kiinnittää portaalisiin, valopylvääseen tai muuhun kiinteään rakenteeseen. Koska kamera täytyy saada asetettua korkealla, on kiinnittäminen yleensä tehtävä henkilönostimella. Lyhyitä otoslaskentoja tehtäessä kameran asentamiseen ei saisi mennä liikaa aikaa suhteessa laskennan pituuteen. Merkittäviä kustannuksia muodostuu myös henkilönostimen vuokrasta ja mahdollisista liikennejärjestelyistä. Asentamisesta aiheutuvien kustannusten vuoksi automaattinen laskennan käyttäminen lyhyissä otoslaskennoissa ei ole taloudellisesti järkevää.

3.1.3 Kuvaamiseen liittyvä lainsäädäntö

Julkisessa paikassa kuvaaminen on lähtökohtaisesti sallittua, mutta kuvan tallentaminen rinnastetaan henkilötietolaissa tarkoitettuun henkilötietoon, jos kuvassa esiintyvä henkilö on tunnistettavissa. Tallennetuista kuvista syntyy henkilörekisteri. Henkilötietolain mukaan henkilörekisteristä on laadittava rekisteriseloste, josta ilmenee rekisterin pitäjän nimi ja yhteystiedot, vastuuhenkilö, henkilötietojen käsittelyn tarkoitus sekä perustiedot rekisterissä olevan tiedon käsittelystä. Jos rekisterin tietoja luovutetaan säännönmukaisesti eteenpäin, myös se tulee kertoa rekisteriselosteessa. Rekisteriseloste tulee pitää yleisesti saatavilla. Jos henkilötietoja käsitel-

lään henkilötietolain vastaisesti, voidaan vastuulliset henkilöt tuomita rikoslaissa säädetystä henkilötietorikoksesta tai -rikkomuksesta. (Kamera-valvontaopas 2010, 59-60.)

Koska tämän opinnäytetyön yhtenä tavoitteena on automaattisen videolaskentaohjelman testaaminen ja sitä varten jouduttiin tallentamaan videokuvaa, syntyi työtä tehdessä henkilötietolain mukainen henkilörekisteri. Rekisteristä laadittiin seloste, joka on kaikkien saatavilla työn toimeksiantajan Internet-sivuilla osoitteessa www.trafix.fi.

Automaattinen videolaskenta voitaisiin tehdä reaaliajassa, jolloin videokuvan tallentamiselle ei olisi tarvetta. Käytännössä laskenta on kuitenkin suoritettava ainakin nykytilanteessa tallenteelta, jotta laskennan tarkkuus voidaan tarvittaessa varmistaa käsilaskennalla.

Rikoslain salakatselupykälät tulevat sovellettavaksi, jos videolla näkyvä kuvauskohteen taustalla olevat parvekkeet, aidatut pihat tai ikkunat. Kuvaussuunta olisi hyvä valita siten, ettei vahingossakaan tule kuvattua mitään yksityisyyttä loukkaavaa. Tästäkin syystä on hyvä, jos kamera voidaan nostaa riittävän korkealle ja se pystytään suuntaamaan alaspäin. Tällöin kuva voidaan rajata tarkasti haluttuun kohteeseen.

3.1.4 Markkinoilla olevia sovelluksia

Videolaskentaan soveltuvia ohjelmia löytyy maailmalta joitakin, mutta useimmilla niistä ei pystytä jaottelemaan liittymän liikennettä kääntymissuunnittain. Linjaosuuden poikkileikkausliikenteen laskeminen videolaskentana ei ole kovin kiinnostavaa, koska tarkoitukseen on olemassa pitkään käytössä olleita yksinkertaisempaan tekniikkaan perustuvia laskentakoneita.

Internet-haun perusteella löydettiin ainoastaan kaksi liittymien laskemiseen soveltuvaa ohjelmaa. Kanadalainen Miovision ei myy itse ohjelmaa lainkaan vaan videot on ladattava yrityksen palvelimelle, josta Miovision analysoi ne itse. Miovisionin laskennat perustuvat laskentajakson pituuteen perustuvaan aikaperusteiseen hinnoitteluun. (Miovision 2014.)

Laskentavideoiden kuvaamiseen on käytettävä yrityksen omaa laskentalaitteistoa, joka sisältää kameran, maston ja tallennusyksikön. Yrityksen verkkosivuilla olevan esittelyn mukaan laskennan pitäisi onnistua sekä yöllä että päivällä ja kaikissa sääolosuhteissa. (Miovision 2014.)



Kuva 5. Kuvakaappaus Miovisionin esittelyvideolta (Lähde: Youtube.com)

Toinen liittymälaskentaan soveltuva ohjelma on ranskalaisen Logiroadin OD Soft. Ohjelmasta on saatavissa omalla koneella toimiva versio. Myös Logiroad myy omaa maston, kameran ja tallennusyksikön sisältävää laskentalaitteistoa. Esittelyn mukaan yrityksen omaa kuvauslaitteistoa käyttämällä laskennoissa pitäisi päästä 95 % tarkkuuteen. Pimeänä aikana tehtäviä laskentoja varten on saatavissa erillinen lämpökamera. (Logiroad 2014.)

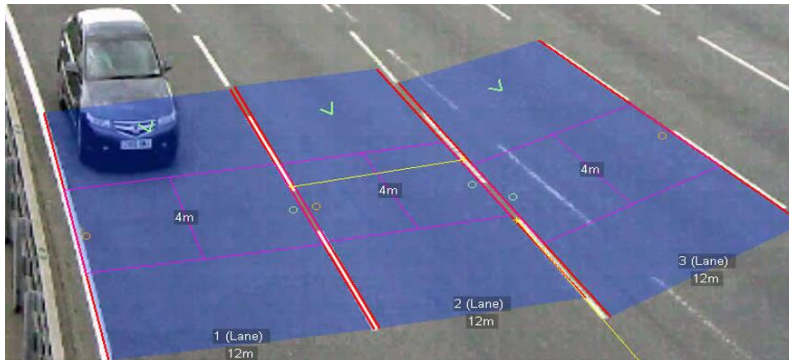
Kumpaakaan tarjolla olevista liittymälaskentaan soveltuvista ohjelmista ei voida ainakaan toistaiseksi käyttää jatkuvaan reaaliaikaiseen laskentaan vaan ne soveltuvat ainoastaan otoslaskentaan. OD Soft -laskentaohjelma saatiin testikäyttöön tätä opinnäytetyötä varten.



Kuva 6. Kuvakaappaus Logiroadin OD-Softin esittelyvideolta (Lähde: Youtube.com)

Linjaosuuden poikkileikkausliikenteen laskentaan löytyy paljon sovelluksia. Ainakin italialaisella Magentalla on tarjolla Axiksen kameroihin asennettava ohjelma, jolla laskentatiedot voidaan lähettää jatkuvana virtana taustapalvelimelle (Magentan 2014). Tällaista ohjelmaa voitaisiin mahdol-

lisesti käyttää myös reaaliaikaisen liikennetiedon hankkimiseen tilannekuvaan varten. Monet linjaosuuden laskentaan soveltuvat ohjelmat pystyvät myös arvioimaan ajoneuvojen nopeuden.



Kuva 7. Eräs poikkileikkausliikenteen laskentaa soveltuva ohjelma. Kuva: www.smartcctv ltd.com

3.2 Silmukkailmaisimet

Silmukkailmaisimia on käytetty ajoneuvojen tunnistamiseen jo 1960-luvulta lähtien. Silmukkailmaisimien koostuu lähelle tien pintaa asennettavasta induktiosilmukasta, silmukan läheisyydessä sijaitsevasta laitekaapista sekä näiden välisestä yhdyskaapelista. Silmukkailmaisimen toiminta perustuu sen ylitse ajavan tai sen päälle pysähtyvän metallisen objektin (ajoneuvon) aiheuttamaan sähkömagneettisen induktion muutokseen ilmaisinyhtymässä. (Klein, Mills & Gibson 2006, 2-1.)

LAM-pisteiden laskenta on toteutettu silmukkailmaisimien avulla. Kahdella peräkkäin asennettavalla ilmaisimella voidaan mitata ajoneuvosta nopeus ja pituus, jolloin ohittavat ajoneuvot voidaan luokitella pituuksiensa perusteella LAM-luokituksen mukaisiin ajoneuvotyyppisiin. Myös liikennevalojen ilmaisimena käytetään useimmiten induktiosilmukoita. Liikennevalokojeista voidaankin usein kerätä liikenteen määrätietoa. (Mattila 2003, 31-33.)

LAM-pisteissä käytettävien ilmaisimien tarkkuus on erittäin hyvä. Arviolta alle yksi prosentti ajoneuvoista jää havaitsematta. Kunnossa oleva LAM-piste ei tuota ylimääräisiä havaintoja vaan virheen suunta on aina alaspäin. (Mattila 2003, 32.)

Induktiosilmukoiden avulla pystytään siis laskemaan ja luokittelemaan liikennevirtoja hyvin tarkasti, mutta korkeat rakentamiskustannukset rajoittavat niiden käyttöä.

3.3 Mikroaaltoilmaisimet

Mikroaaltoilmaisimien on radioaaltotutka, joka koostuu lähettimestä, jolla lähetetään radioaaltoja sekä vastaanottimesta. Kun ajoneuvo ajaa mikroaaltoilmaisimen radioaaltokeilan läpi, osa läheteestä heijastuu takaisin laitteen vastaanottimelle. Palautuvaa aaltoa analysoimalla voidaan havaita

keilan läpi ajavat ajoneuvot sekä määrittää niiden nopeus ja pituus. (Klein ym. 2006, 1-16.)

Mikroaaltoilmaisimella voidaan seurata vain yhtä kaistaa, jos tutka asennetaan kaistan yläpuolelle. Tutka voidaan asentaa myös tien reunaan kohdistuoraan ajokaistoja kohti, jolloin voidaan seurata kerralla useita kaistoja. Tien sivuun asennetulla tutkalla ei yleensä päästä yhtä hyvään tarkkuuteen kuin ajokaistan yläpuolelle asennettavalla. (Klein ym. 2006, 1-16.)

Espoon vuosittaisissa liikennelaskennoissa muuttuvat kohteet lasketaan mikroaaltoilmaisimilla, joilla mitataan liikennettä kaksi päivää kussakin laskentapisteessä. Espoon käyttämät mikroaaltoilmaisimeen perustuvat laskimet ovat LLKA5- ja Viacount II. (Espoon kaupunki 2014, 8.)



Kuva 8. Viacount II-mikroaaltolaskin. Kuva: www.trafino.fi

Saksalaisvalmisteisella Viacount II-mikroaaltolaskimella voidaan laitteen maahantuojan tuote-esittelyn mukaan havaita ajoneuvojen määrä, suunta ja ajonopeus. Ajoneuvot voidaan laitteella jaotella kuuteen luokkaan. Maahantuojan mukaan virhemarginaali on +/- 2 %. (Trafino Oy 2014.)

3.4 Muut tekniset ratkaisut

Liikenteen määrätietoa voidaan kerätä lasertutkalla ja infrapunailmaisimilla, mutta niitä ei ole tiettävästi käytetty liikennelaskentaan Suomessa.

Liikennemäärätiedon ohella liikenteen sujuvuutta voidaan seurata mittamalla matka-aikoja. Nykyisin pääkaupunkiseudulla on käytössä rekisterikilpien tunnistamiseen perustuva matka-aikojen mittaava järjestelmä. Tekniikkaa pidetään kalliina rakentaa ja ylläpitää sekä alttiina huonolle säälle ja muille häiriöille (Helsingin kaupunki 2013, 31). Lisäksi järjestelmään on ajoittain kohdistunut kritiikkiä, koska rekisterikilvet on yhdistettävissä kuljettajiin ja siksi ainakin teoriassa järjestelmällä olisi mahdollista seurata kansalaisten liikkumista.

Nykyisin monet autoissa kuljetettavat laitteet kuten matkapuhelimet käyttävät Bluetooth-verkkoja. Nämä verkot on tunnistettavissa yksilöllisen MAC-tunnuksensa perusteella, jonka yhdistäminen kuljettajaan ei ole ainakaan suoraan mahdollista. Tanskalainen Blip Systems on kehittänyt järjestelmän, jolla voidaan mitata matka-aikoja ja jonojen pituuksia

Bluetooth-verkkojen seurannan perusteella. Järjestelmä koostuu vähintään kahdesta verkkoja tunnistavasta anturista, jotka rekisteröivät ohittavien laitteiden yksilöintitunnuksen sekä ohitusajankohdan. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea anturien välillä kulunut matka-aika. Blip Systemsin referenssien mukaan yhtiön toimittamia järjestelmiä on käytössä esimerkiksi Tanskassa ja Uudessa-Seelannissa. (Blip Systems 2014.)

Myös matkapuhelimien sijainnista voidaan kerätä vastaavaa tietoa kuin Bluetooth-laitteista, koska matkapuhelinoperaattorit voivat seurata puhelimen liikkumista verkkosolusta toiseen. Aiheesta on tehty kokeiluja myös Suomessa. (Helsingin kaupunki 2013, 31.)

Yksityiskohtaisempaa ja nopeammin päivittyvää tietoa liikenteestä on mahdollista saada GPS-paikkatiedon perusteella. Palvelu vaatii kuitenkin riittävästi vapaaehtoisia käyttäjiä, jotka jakavat anonymisti navigointilaitteidensa tietoa. Käyttäjiltä kerättyä tietoa jaetaan nykyisin monien kaupallisten palveluiden kautta. Esimerkiksi sosiaalinen navigointisovellus Waze kerää tietonsa käyttäjiltä ja muodostaa niiden perusteella kuvan liikennetilanteesta.

4 VIDEOLASKENTA-OHJELMAN TESTAUS

Videolaskennan testaamista varten saatiin kuukaudeksi koekäyttöön ranskalaisen Logiroadin OD Soft-videolaskentaohjelma. Ohjelmaa oli tarkoitettu testata todellisissa asiakkaan tarpeeseen tehtävissä laskennoissa, mutta pian koekäytön aloittamisen jälkeen huomattiin, että ohjelman käyttö ja videoiden kuvaus vaativat harjoittelua. Testausta varten ei ollut myöskään käytössä mastoa tai nostokalustoa, joten videot oli kuvattava siellä, missä kamera saatiin sopivaan paikkaan ilman apuvälineitä. Niinpä ajan ja kaluston puutteen vuoksi testausta ei voitu suorittaa niin suuressa mittakaavassa kuin alun perin oli tarkoitus.

Videolaskennan tuloksia arvioitiin vertaamalla niitä käsilaskennan tuloksiin olettaen, että käsilaskenta on virheetön. Käsilaskentaan käytettiin samaa videota kuin videolaskentaankin, mutta koska käsilaskenta tehtiin vain kertaalleen, saattaa myös siinä esiintyä pieniä virheitä.

4.1 Videolaskentaohjelma

OD Soft on otostyyppiseen liikennelaskentaan soveltuva ohjelma, joka muodostaa videolla liikkuvista ajoneuvoista lähtöpaikka-/määräpaikkamatriisin. Ohjelmalla on myös mahdollista erotella eri ajoneuvoluokat toisistaan koon perusteella. Ajoneuvoryhmien määrää ei ole rajattu ja käyttäjä saa itse määrittää kullekin ryhmälle koon. Ohjelman perusasetuksissa on ryhmät vehicle, van ja truck. Testikäytössä käytettiin ajoneuvoryhmiä vehicle ja truck, jotka vastaavat Suomessa usein käytettäviä ryhmiä ajoneuvo ja raskas ajoneuvo.

Laskentaohjelma on helppokäyttöinen, mutta joiltakin osin keskeneräisen tuntuinen. Ajoneuvoryhmien asetukset muuttuivat välillä itsestään ja oh-

jelma kaatui harvakseltaan, mutta peruskäyttö onnistui kuitenkin kohtalait-
sen hyvin. Ohjelma on ilmeisesti tuotu kaupalliseen käyttöön vasta tänä
vuonna, joten lievä keskeneräisyys korjaantunee jatkossa.

Laskentaohjelmalla on luotava ensin laskentaa varten projekti, joka tallen-
netaan videot sisältävään kansioon. Tämän jälkeen ohjelma tunnistaa vi-
deot automaattisesti, jos ne ovat ohjelmalle sopivassa muodossa. Seuraa-
vaksi määritetään laskennassa käytettävät asetukset, kuten tulo- ja poistu-
misalueet sekä käytettävät ajoneuvoryhmät. Ajoneuvoryhmien erottelua
varten on käyttäjän määritettävä kuvasta puolisuunnikkaan muotoisen alu-
een sivujen pituudet. Ohjelma muuttaa liikkuvien elementtien koon met-
reiksi käyttäjän antaman puolisuunnikkaan perusteella, jotta eri etäisyydel-
lä kamerasta esiintyvien objektien koko olisi vertailukelpoinen ja eri ajo-
neuvoryhmiin kuuluvat ajoneuvot pystyttäisiin erottamaan toisistaan.



Kuva 9. Tulo- ja poistumisalueiden määrittäminen OD Softiin.

Kun asetuksen on säädetty sopiviksi, voidaan videolaskenta käynnistää. Käytännössä asetuksia täytyy aina korjata, koska laskenta ei aluksi toimi halutulla tavalla. Näistä vaikeuksista kerrotaan tarkemmin tulosten esitte-
lyn yhteydessä. Ohjelma laskee videot kuvan pakkauksesta ja liikenne-
määrästä riippuen noin 1-2-kertaisella nopeudella verrattuna todelliseen
videon keston. Laskennan jälkeen ohjelma muodostaa tuloksista matriisin
ja kertoo niiden ajoneuvojen määrän, jotka on havaittu tuloalueella, mutta
joille ei ole pystytty määrittämään poistumissuuntaa.

Cars : 454 vehicles			
Exit Entrances	Etela	Ita	Pohjoinen
Etela	0.00 % (0)	4.63 % (21)	22.03 % (100)
Ita	17.18 % (78)	0.00 % (0)	18.94 % (86)
Pohjoinen	34.58 % (157)	2.42 % (11)	0.22 % (1)

Trucks : 11 vehicles			
Exit Entrances	Etela	Ita	Pohjoinen
Etela	0.00 % (0)	9.09 % (1)	54.55 % (6)
Ita	0.00 % (0)	0.00 % (0)	0.00 % (0)
Pohjoinen	36.36 % (4)	0.00 % (0)	0.00 % (0)

Kuva 10. Ote eräästä OD Softin muodostamasta matriisista. Matriisi kertoo ajoneuvojen tulo- ja poistumissuunnat.

4.2 Kuvauskaluston valinta

Videoiden kuvaamiseen käytettiin Liquid Image The Ego Model 727 -kameraa. Kameraa ei hankittu tätä opinnäytetyötä varten vaan samaa kameraa on käytetty aiemmin käsilaskentoihin. Ennen testauksen aloittamista selvitettiin muitakin mahdollisia kameroita, mutta niille ei nähty lopulta tarvetta, koska käytössä ollut osoittautui ominaisuuksiltaan tarvetta vastaavaksi.

Videolaskennoissa kameran akun pitäisi kestää vähintään kaksi tuntia, koska se on yleensä yksittäisen huipputuntien laskentajakson pituus. Käytössä olleessa kamerassa akku kesti reilu puolitoista tuntia, mikä oli testaukselta varten riittävästi. Jos videolaskentaa aletaan hyödyntää todellisen asiakastarpeen mukaisissa töissä, akun tulisi kestää vähintään neljä tuntia, jotta kamera voitaisiin viedä kuvauspaikalle aamulla ennen ruuhkatunteja ja hakea sieltä päivän päätteeksi pois, kun halutut jaksot on saatu kuvattua. Käytännössä hyvin harvassa kamerassa akku kestää näin pitkään, joten laskentakameraa varten olisi kehitettävä lisäakusto. Kuvausaikaa voisi pidentää mahdollisesti esimerkiksi USB-akuilla.

Laskentoihin käytettävän kameran optiikan pitää olla riittävän laaja. Mitä kauempana kamera on risteyksestä, sitä korkeammalle se pitäisi saada, jotta voitaisiin nähdä kuvan etualalta kulkevien ajoneuvojen ylitse myös taajemmat kaistat. Siksi kameran ihannepaikka olisikin keskellä risteystä ja riittävän korkealla. Perinteisellä videokameralla, jossa on melko kapea optiikka, voidaan kuvata näin läheltä vain osan risteyksestä. Testauksessa käytetyssä kamerassa on 135 asteen avauskulma, jonka todettiin olevan tarkoitukseen nähden riittävän laaja.

Koska kamera täytyy saada nostettua ylös, jatkossa mahdollisesti jotakin kevyttä mastoa hyödyntäen, tulisi kameran olla kevyt ja pienikokoinen. Liian suuri paino ja turha tuulikuorma aiheuttavat kameran heilumista, mikä vaikeuttaa laskentaohjelman tehtävää. Maston päässä käytettävässä kamerassa pitäisi olla myös etähallintamahdollisuus, jotta kamera voidaan kohdistaa ja sitä voidaan muutenkin hallita maanpinnalta käsin. Testauksessa käytetyssä kamerassa oli etähallintaohjelma, jota käytettiin Wifi-verkon yli Android-puhelimella. Kameran etähallinta tosin katkesi, kun videota alettiin kuvaamaan. Muutamaan otteeseen verkko katkesi, mutta kuvaus ei lähtenyt käyntiin, mikä paljastui vasta kuvausjakson päätteeksi. Jos ongelmaa ei saada ratkaistua, on kuvaamista varten hankittava jatkossa toinen kamera.

Liikenteen kuvaaminen tehdään käytännössä aina ulkona, joten käytettävän kaluston tulisi kestää myös säätä. Edellä luetellut ominaisuudet täyttyvät yleensä niin sanotuissa sporttikameroissa, joihin myös testauksessa käytetty kamera lukeutuu.

Kuvausjalustana käytettiin joustavaa Gorillapod-kolmijalkaa. Sen etuna on monikäyttöisyys, koska joustavat jalat saadaan sidottua vaikka sillan kai-teeseen. Jalusta toimii myös tavallisena kolmijalkana tasaisella pinnalla.



Kuva 11. Kuvauksissa käytetty kalusto työssään.

4.3 Koelaskentojen kohteet

Testausta varten etsittiin paikkoja, joissa kamera saadaan sijoitettua lähelle risteystä ja riittävän korkealle ilman mastoa. Käytännössä etsittiin sellaisia liittymiä, joissa on esimerkiksi silta tai pysäköintitalo kuvattavan risteyksen vieressä. Kriteerit täyttäviä kuvauskohteita löydettiin kartalta toistakymmentä, mutta kaikissa näistä kohteista kuvaus ei lopulta onnistunut käytettävissä olleella kalustolla. Joidenkin pysäköintitalojen ylimpiin kerroksiin ei päästy ja toisista ei pystynyt kuvaamaan sopivaan suuntaan erilaisista rakenteista johtuen. Joissakin kohteissa oli kuvaushetkellä niin vähän liikennettä, ettei niitä ollut järkevää käyttää testaukseen. Koska tes-

taukseen oli käytettävissä melko vähän aikaa, ei kaikkia kohteita voitu käydä kuvaamassa ruuhka-aikaan.

Testaukseen valikoituivat lopulta seuraavat kohteet:

1. Espoon keskus, Kirkkojärventie-Kannusillankatu
2. Kivenlahti, Espoonlahdenranta-Kipparinkatu
3. Tapiola, Kauppamiehentie-Pohjantie
4. Malmi, Malminkaari-Teerisuontie
5. Malmi, Malminkaari-Soidintie
6. Leppävaara, Leppävaarankatu-Hevosenkentä

Kaikki laskentakohteet olivat kolmihaaraisia liittymiä. Ohjelmaa olisi haluttu testata myös nelihaaraisessa liittymässä, mutta sopivaa paikkaa ei yrityksistä huolimatta löydetty. Testilaskentoja varten kuvattiin noin 15 minuuttia materiaalia, paitsi Leppävaarassa, jossa kuvattiin ruuhka-aikaan 1,5 tuntia.

4.4 Koelaskentojen tulokset ja virhe

Testilaskentakohteiden tarkemmat sijaintitiedot, sääolosuhteet sekä laskentojen tulokset on esitetty liitteissä 1-6. Tuloksissa on esitetty OD Softin laskemat ja käsilaskennan tuloksena saadut liikennemäärät kääntymissuunnittain.

OD Softin laskemaa virhettä tutkittiin suhteellisena virheenä käsilaskentaan nähden. Jokaisen kääntymissuunnan virhettä tutkittiin erikseen vertaamalla OD Softin laskemaa tulosta käsilaskennan tulokseen kaavalla

$$\frac{\Delta q_i}{q_i} = \frac{q_{odi} - q_{ki}}{q_{ki}} \quad /1$$

jossa q_{odi} on OD Softin laskema kääntymissuunnan i liikennemäärä ja q_{ki} on käsilaskennan tulos samalla kääntymissuunnalle. Koelaskentojen kääntymissuuntien virheet on esitetty liitteissä 1-6.

Kokonaisen liittymän virhettä tutkittiin kahdella tavalla. Kokonaisvirheellä tarkoitetaan tässä koko laskennan ajoneuvojen yhteismäärän erotusta OD Softin laskennan ja käsilaskennan välillä. Kokonaisvirheelle laskettiin suhteellinen arvo kaavalla

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{Q_{od} - Q_k}{Q_k} \quad /2$$

jossa Q_{od} on OD Softin laskema koko liittymän läpi kulkenut liikennemäärä ja Q_k on vastaava käsilaskennan tulos.

Kokonaisvirhe ei anna täyttä kuvaa OD Softin tekemästä virheestä, koska siinä kääntymissuuntien erisuuntaiset virheet yleensä tasoittavat toisiaan. Kääntymissuuntien yhteenlasketulla virheelle tarkoitetaan tässä kaikkien kääntymissuuntien virheiden yhteenlaskettua määrää verrattuna käsilasket-

tuun liittymän kokonaismäärään. Kääntymissuuntien virheelle laskettiin suhteellinen arvo kaavalla

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n |q_{odi} - q_{ki}|}{Q_k} \quad /3$$

jossa q_{odi} on OD Softin laskema kääntymissuunnan i liikennemäärä, q_{ki} on käsilaskennan tulos samalla kääntymissuunnalle, Q_k on käsin laskettu liittymän läpi kulkeneen liikenteen kokonaismäärä ja n kääntymissuuntien lukumäärä.

Jokaisen tulosuunnan liikenne on jaettu suoraan menevien ja kääntyvien ryhmään. Sekä suoraan menevistä että kääntyvistä ryhmistä käytetään tuloksissa ja virhetarkastelussa termiä kääntymissuunta.

4.4.1 Espoon keskus, Kirkkojärventie-Kannusillankatu

Espoon keskuksessa kuvattiin Kirkkojärventien ja Kannusillankadun liittymää 25.4.2014 klo 8.25 alkaen. Kolmihaaraista liittymää päästiin kuvaamaan Espoon Virastokeskuksen porrastasanteelta. Laskennan tiedot ja tulokset on esitetty liitteessä 1.

Espoon keskuksessa tehdyn laskennan otos oli käsilaskennan perusteella 157 ajoneuvoa, joista 13 luokiteltiin raskaiksi. OD Soft sai ajoneuvojen kokonaismääräksi 152 ja raskaiden ajoneuvojen määräksi 8. Erityisesti hyljaisissa kääntymissuunnissa suhteellinen virhe on suuri, mutta laskettujen ajoneuvojen kokonaismäärässä virhe on vain noin kolme prosenttia. Eri kääntymissuuntien virheiden summa on yhteensä 15, mikä on lähes kymmenen prosenttia laskettujen ajoneuvojen kokonaismäärästä. Raskaan liikenteen erottelu toimi heikosti.

Kuvaushetkellä alhaalta paistanut aamuaurinko häytti selvästi ajoneuvoryhmien luokittelua. Laskentaohjelma tulkitsee suuret varjot liikkuvien ajoneuvojen osiksi. Vaikka virhe onkin tuloksissa alaspäin, oli laskentaa seurattessa havaittavissa, ettei ohjelma pystynyt hallitsemaan varjoja oikein.

Etualalla kulkeneet suurikokoisen ajoneuvot peittivät ajoittain erityisesti kääntymissuunnan 4, mistä johtuen kyseisen suunnan virhe on suuri. Kannusillankadusta ei näkynyt kuvauspaikasta kuin parin metrin osuus, mikä vaikutti kääntyvien laskentaan ja osaltaan kasvatti virhettä.

Osa virheistä olisi korjattavissa paremmalla kuvauskulmalla. Sääolosuhteista johtuvat virheet ovat hankalampia, koska vallitseviin sääolosuhteisiin ei voida vaikuttaa kuin kuvauspäivää vaihtamalla.

4.4.2 Kivenlahti, Espoonlahdenranta-Kipparinkatu

Espoon Kivenlahdessa kuvattiin Espoonlahdenrannan ja Kipparinkadun liittymää 25.4.2014 klo 9.51 alkaen. Kamera saatiin asetettua Espoonlah-

den sosiaalipalvelutoimiston porrastasanteelle. Laskennan tulokset ja tiedot on esitetty liitteessä 2.

Kivenlahdessa otos oli käsilaskennan perusteella 133 ajoneuvoa, joista 11 oli raskaita. OD Soft laski ajoneuvojen kokonaismääräksi yhteensä 132, joista 15 oli raskaita ajoneuvoja. Virhe jakaantui melko tasaisesti kaikkein kääntymissuuntien kesken. Kokonaisvirhe on alle prosentin, mutta eri kääntymissuunnista virhettä kertyi yhdeksän ajoneuvon verran, mikä on noin seitsemän prosenttia otoksen suuruudesta.

Kuvauksen aikana aurinko paistoi matalalta aiheuttaen suuria varjoja, mutta varjot jäivät pääasiassa kuvaussuunnasta nähdessä ajoneuvojen taakse eivätkä juurikaan häirinneet laskentaohjelman toimintaa. Laskennan aikana risteyksen läpi kulkenut katuja pesevä huoltoauto aiheutti hetkellisesti laskentaohjelman täydellisen sekoamisen, koska veden virtaaminen näkyi liikkeenä moneen eri suuntaan. Koska häiriö oli vain hetkellinen, se ei vääristänyt laskennan lopputulosta kovinkaan paljoa.

Myös Kivenlahdessa joitakin taaemmilla kaistoilla liikkuneista ajoneuvoista peittyi edestä kulkeneiden bussien taakse.

4.4.3 Tapiola, Kauppamiehentie-Pohjantie

Espoon Tapiolassa saatiin sijoitettua kamera Heikintorin pysäköintitalon ylätasolle kuvaamaan Pohjantien ja Kauppamiehentien liittymää. Laskenta-aika oli 25.4.2014 klo 12.34 alkaen. Laskennan tulokset on esitetty liitteessä 3.

Tapiolan laskennan otos oli käsilaskennan perusteella 242 ajoneuvoa, joista 21 oli raskaita. Vastaavat luvut olivat OD Softilla laskettuna 231 ja 32. Kokonaisvirhe on siis noin viisi prosenttia kuten myös kääntymissuuntien yhteenlaskettu virhe. Lähes koko virhe muodostuu tulosuunnista 3 ja 4, jotka peittyvät ajoittain kuvan etualalla kulkeneiden raskaiden ajoneuvojen taakse.

Aurinko oli puolen päivän aikaan niin korkealla, etteivät varjot häirinneet laskentaa. Olosuhteet vaikuttivat olleen laskennan kannalta hyvät, eikä mitään olosuhteista aiheutuneita virheitä havaittu. Koska erityisesti bussiliikenne oli melko vilkasta, jäi taka-alalla peittyneitä ajoneuvoja laskematta. Jostakin syystä OD Soft tunnisti monet tulosuunnan 3 ajoneuvoista raskaiksi vaikka kyse oli tavallisista henkilöautoista. Ongelmaa yritettiin ratkaista asetuksia säätämällä, mutta ongelmaan ei löydetty hyvää ratkaisua.

Tapiolan laskennassa huomattiin, että ohjelma laskee henkilöauton ja peräkärryn yhdistelmän kahdeksi eri ajoneuvoksi. Logiroadin edustajan mukaan tätä ongelmaa ei voida ainakaan toistaiseksi ratkaista vaan sen kanssa täytyy elää.

4.4.4 Malmi, Malminkaari-Teerisuontie

Helsingin Malmilla kuvattiin Malminkaaren ja Teerisuontien liittymään viereiseltä sillalta, jolla kulkeva tie on myöskin nimeltään Teerisuontie. Kuvausaika oli 30.4.2014 klo 12.10 alkaen. Laskennan tiedot ja tulokset on esitetty liitteessä 4.

Malminkaaren ja Teerisuontien laskennan otos oli käsilaskennan mukaan 260 ajoneuvoa, joista 16 oli raskaita. OD Soft sai tulokseksi 258 ajoneuvoa, joista raskaiden osuus oli 14. Kokonaisvirhe on alle yhden prosentin ja kääntymissuuntien yhteenlaskettuvirhekin on alle kaksi prosenttia. Myös tässä kohteessa kuvan taka-alalta tulevat ja etenkin Teerisuontien suuntaan kääntyvät jäivät jonkin verralla etualalla liikkuvien ajoneuvojen taakse, mutta virhettä ei juurikaan syntynyt.

Sääolosuhde oli kuvaushetkellä pilvipoutainen, mikä vaikuttaa olevan ihanteellinen kuvaussää videolaskennan kannalta.

4.4.5 Malmi, Malminkaari-Soidintie

Helsingin Malmilla kuvattiin samana päivänä otos myös toisesta kohteesta. Malminkaaren ja Soidintien liittymää päästiin kuvamaan Malmin Citymarketin pysäköintitalon ylätasolta. Kuvausaika oli 30.4.2014 klo 12.36 alkaen. Laskennan tiedot ja tulokset on esitetty liitteessä 5.

Malmin toisessa laskennassa otos oli käsilaskennan perusteella 469 ajoneuvoa, joista 25 määritettiin raskaiksi. OD Softin lukemat olivat 464 ja 21. Kokonaisvirhe on siis alle prosentin ja kääntymissuuntien yhteenlaskettu virhe oli alle noin kolme prosenttia. Noin prosentti kääntymissuuntien virheestä johtui huolimattomasta kameran sijoittamisesta, koska kääntymissuunta 2 näkyi kuvassa vain osittain. Kameran olisi pystynyt suuntaamaan paremminkin, mutta kirkkaassa ulkoilmassa virhe jäi huomaamatta pieneltä Android-puhelimen näytöltä.

Malmilla kuvauskuulma oli erittäin hyvä, mikä näkyy myös OD Softin tuloksissa. Sääolosuhteet olivat edelleen otolliset. Raskaiden ajoneuvojen erottelu ei toiminut tyydyttävästi vaikka kuvauskuulma ja sääolosuhteet olivat lähes ihanteelliset. Osan raskaiden ajoneuvojen virheestä on selitettävissä kameran kohdistamisessa tehdyllä virheellä, mutta sekään ei selitä kuin kääntymissuunnan 2 virheen.

4.4.6 Leppävaara, Leppävaarankatu-Hevosenenkä

Espoon Leppävaarassa kuvattiin Selloparkin ylätasolta 8.5.2014 klo 15.00-16.30. Tavoitteena oli tutkia laskentaohjelman toimivuutta vilkkaassa ruuhkaliikenteessä. Tiedot laskennasta ja tulokset on esitetty tarkemmin taulukossa 2 sekä liitteessä 6. Selloparkista kamera saatiin sijoitettua kuvauskuulman kannalta erittäin hyvään paikkaan, mikä näkyi muihin koelaskentoihin verrattuna hyvänä lopputuloksena. Puolen tunnin jaksoiksi eroteltuna kokonaisliikenne määrä on korkeimmillaan 1,24 prosenttia. Eri

kääntymissuunnissa virhe on yli kymmenen prosenttia vain ensimmäisen puolituntisen aikana kääntymissuunnalla 2. Muuten virhe vaihtelee nollassa ja 3,5 prosentin välillä.

Taulukko 2. OD Softin virhe kääntymissuunnittain Leppävaarankadun ja Hevosenkengän liittymässä.

Kääntymis-suunta	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	390	0	394	4	-4	-4	-1,02 %	-100,00 %
2	127	0	133	9	-6	-9	-4,51 %	-100,00 %
3	409	1	409	4	0	-3	0,00 %	-75,00 %
4	413	3	406	8	7	-5	1,72 %	-62,50 %
5	372	10	369	8	3	2	0,81 %	25,00 %
6	638	6	638	10	0	-4	0,00 %	-40,00 %
Yhteensä	2349	20	2349	43	0	-23		

Raskaiden ajoneuvojen erottelu ei onnistunut tässäkään testilaskennassa. Kokonaisvirheen suunta on alaspäin, mutta eräissä kääntymissuunnissa virhe on välillä myös ylöspäin. Asetuksia muuttamalla on hankala päästä kiinni virheeseen, joka ei noudata mitään selkeää trendiä.

Sää oli kuvaushetkellä tihkusateinen, mikä ei häirinnyt laskentaa. Risteyksessä olevat portaalit katkaisivat liikkuvien ajoneuvojen reitin. Tämä tuottaa OD Softille hankaluuksia, koska ohjelma ei ymmärrä ajoneuvon jatkavan esteen toiselle puolelle. Lopulta onnistuttiin kuitenkin sijoittamaan tulo- ja poistumisalueet siten, että laskenta onnistui ilman säännönmukaisia virheitä.

4.5 Yhteenvedo laskentaohjelman toiminnasta ja virheestä

OD Soft laskee liikennettä sopivissa olosuhteissa kuvatusa videosta kohdallaisen hyvin, kun mitataan liikenteen kokonaismäärää. Tosiasiassa ohjelma tekee virheitä paljon enemmän kuin tuloksista voisi päätellä, mutta koska virheitä tapahtuu molempiin suuntiin, päästään oikean suuntaiseen lopputulokseen. Taulukossa 3 esitetty kääntymissuuntien virhe kuvaa paremmin laskentaohjelman tekemien virheiden määrä kuin laskettujen ajoneuvojen kokonaismäärät.

Taulukko 3. OD Softin virhe ajoneuvojen kokonaismäärää laskettaessa.

	Ajoneuvojen kokonaismäärä			Kääntymissuuntien virheet	
	Käsilaskenta	OD Soft	Virhe %	Yhteismäärä	Virhe %
Espoon keskus	157	152	-3,18 %	15	9,55 %
Kivenlahti	133	132	-0,75 %	9	6,77 %
Tapiola	242	231	-4,55 %	13	5,37 %
Malmi 1.	260	258	-0,77 %	4	1,54 %
Malmi 2.	469	464	-1,07 %	13	2,77 %
Leppävaara 15.00–15.30	703	698	-0,71 %	9	1,28 %
Leppävaara 15.30–16.00	723	732	+1,24 %	17	2,35 %
Leppävaara 16.00–16.30	923	919	-0,43 %	18	1,95 %

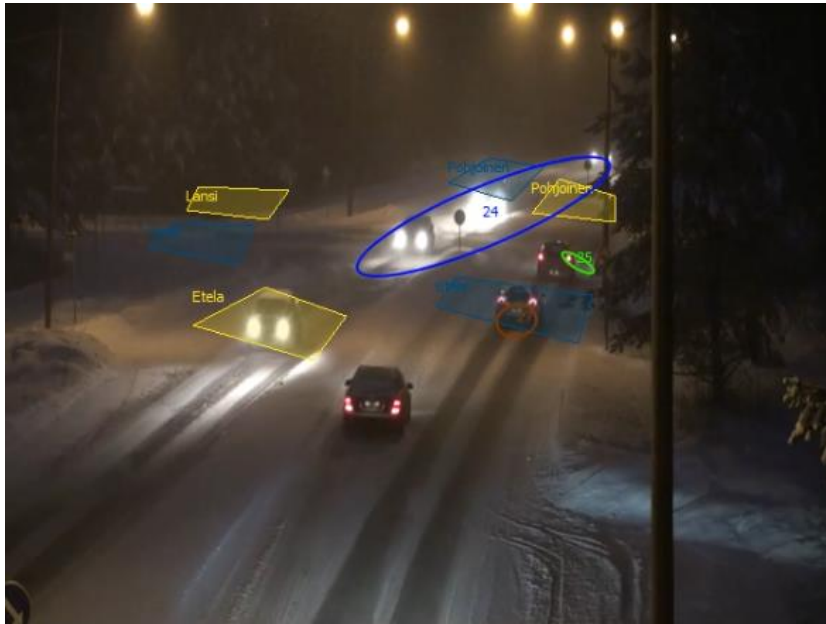
Jos olosuhteet ovat suotuisat, tekee OD Soft laskentavirheitä molempiin suuntiin jolloin lopputuloksen kääntymissuuntakohtainen virhe on korkeintaan muutaman prosentin luokkaa. Suuremmille virheille on yleensä kuvauskulmasta johtuva syy tai otos on niin pieni, että yhdenkin ajoneuvon suuruinen laskentavirhe näkyy kaksinumeroisena prosentuaalisena virheenä.

Raskaiden ajoneuvojen erotteluun OD Soft ei koekäytön perusteella kykene. Yhdessäkään laskennassa ei päästy edes tyydyttävään lopputulokseen vaan virheprosentit olivat aina kymmeniä prosentteja. Raskaiden ajoneuvojen erottelun virheprosentit on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. OD Softin virhe raskaiden ajoneuvojen erottelussa.

	Raskaiden ajoneuvojen kokonaismäärä			Kääntymissuuntien virheet	
	Käsilaskenta	OD Soft	Virhe %	Yhteismäärä	Virhe %
Espoon keskus	13	8	-38,46 %	7	53,85 %
Kivenlahti	11	15	+36,36 %	6	54,55 %
Tapiola	21	32	+52,38 %	11	52,38 %
Malmi 1.	16	14	-12,50 %	6	37,50 %
Malmi 2.	25	21	-16,00 %	14	56,00 %
Leppävaara 15.00–15.30	14	6	-57,14 %	10	71,43 %
Leppävaara 15.30–16.00	16	7	-56,25 %	11	68,75 %
Leppävaara 16.00–16.30	13	7	-46,15 %	6	46,15 %

OD Soft on herkkä monille ympäristön aiheuttamille häiriöille. Esimerkiksi suuret varjot tai veden liike saattavat sekoittaa laskennan täysin. Testausajankohdasta johtuen ohjelmaa ei päästy kokeilemaan talviolosuhteissa tai pimeällä. Toimeksiantajan arkistosta löytyi kuitenkin eräs video, jonka avulla päästiin kokeilemaan laskentaa pimeässä ja lumisateessa. Pimeällä ajoneuvojen valot aiheuttavat paljon liikettä eri puolilla kuvaa, minkä vuoksi laskenta ei onnistu. Valokeilat myös yhdistävät useita peräkkäin liikkuvia ajoneuvoja toisiinsa, joten jonossa ajavia ei voida erottaa toisistaan. Lumisade ei vaikuttanut olevan OD Softille yhtä suuri haaste kuin pimeys.



Kuva 12. OD Soft ja pimeys. Peräkkäin ajavat yhdistyvät toisiinsa valokeilojen vuoksi. Ohjelmalla on myös vaikeuksia autoja takaapäin, koska perät ovat niin tummia.

Suoralla tieosuudella ohjelmaa kokeiltiin vain lyhyesti eikä otos ollut kovin suuri. Ajoneuvojen kokonaismäärän laskenta näytti onnistuvan hyvin, mutta raskaiden ajoneuvojen erottelussa oli jälleen vaikeuksia.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tärkein anti on tieto siitä, että ajoneuvoliikennettä voidaan laskea tietokoneella erotellen kääntymissuunnat. Testissä ollut OD Soft-videolaskentaohjelma toimii otollisissa olosuhteissa ja sopivalla kamerasijoittelulla riittävän hyvin, jos tietoa halutaan kerätä esimerkiksi liikenteen simulointia varten. Sääolosuhteet aiheuttavat kuitenkin niin paljon epävarmuutta, että kerätyn tiedon luotettavuutta on vaikea taata. Koska ohjelma ei toimi pimeään aikaan kuvatuilla videoilla, ei sitä voida käyttää liikenteen huipputuntien laskentaan syyskuun ja maaliskuun välillä edes eteläisessä Suomessa. Ohjelman valmistajan mukaan laskentavideot voitaisiin kuvata pimeään aikaan lämpökameralla. Tämä voisi olla jatkossa mielenkiintoinen testikohde.

Automaattisessa videolaskennassa kamera on saatava riittävän korkealle konstillla tai toisella. Käsilaskennassa riittää maantasolta kuvattu materiaali tai laskenta voidaan tehdä suoraan paikanpäällä ilman videoita. Automaattista laskentaa varten pitäisi pystyä kehittämään riittävän kevyt masto, jotta menetelmä olisi kustannuksiltaan kilpailukykyinen käsilaskentaan verrattuna. Maston vieminen laskentakohteeseen tai sen pystyttäminen ei saisi viedä paljoa aikaa. Vilkaissa liittymissä kaikkien suuntien käsilaskenta ei yleensä onnistu yhdellä katselukerralla vaan laskenta on tehtävä useamassa erässä. Tällaisissa laskennoissa automaattinen menetelmä voisi olla kustannuksiltaan hyvinkin kilpailukykyinen.

Tilastointia varten tehtävissä laskennoissa halutaan yleensä jaotella liikenne ajoneuvoryhmiin. Testissä ollut laskentaohjelma ei pystynyt erottelemaan edes raskaan liikenteen osuutta, joten luokittelevaa tilastointia varten menetelmä ei ole tällä hetkellä käyttökelpoinen.

Tilannekuvaa ja liikenteen hallintaa varten videolaskennalla voitaisiin kerätä määrätietoa. Testissä olleella OD Softilla ei voida käsitellä videomateriaalia reaaliajassa, mutta siihen pystyvä ohjelma voitaisiin varmasti kehittää. OD Soft vaatii tietokoneelta melko paljon laskentatehoa, joten laajamittainen reaaliaikainen laskenta vastaavalla tekniikalla voi olla kallista. Liikennevirastolla ja suurilla kaupungeilla on nykyisinkin olemassa liikennekameraita, joiden kuvista voitaisiin mahdollisesti laskea liikennettä reaaliajassa. Nykyiset liikennekamerat on usein sijoitettu huonosti liikenteen laskennan kannalta. Monet kamerat on tarkoitettu jonkin liittymän liikenteen seuraamiseen, mutta koko liittymää ei saada kuvattua kerralla, koska kamerat ovat liian lähellä ja niiden optiikka on liian suppea. Uusia kameroita rakennettaessa olisi syytä miettiä sijoittamista, jotta niillä voitaisiin kerätä tulevaisuudessa myös määrätietoa.

Liikennemäärää laskeville laitteille ei välttämättä ole tulevaisuudessa suurta tarvetta, jos matka-aikatiedon keräämistä pystytään kehittämään riittävän kattavaksi. Tilannekuvan kannalta matka-aikojen mittaaminen on tärkeintä tietoa, mutta ennusteiden tekemiseen tarvitaan myös määrätietoa. Jos kaikki ajoneuvot ovat tulevaisuudessa GPS-seurannassa, kuten esimerkiksi Jorma Ollilan työryhmä on visioinut, pystytään kerättävästä tiedosta muodostamaan myös tarvittavaa määrätietoa. Nykyisillekään laskentalaitteille ei olisi tällöin käyttöä kuin korkeintaan uuden järjestelmän toimivuutta arvioitaessa ja varmistettaessa.

Koekäytössä ollutta laskentaohjelmaa pitäisi testata laajemmin erilaisissa sää- ja valo-olosuhteissa, jotta sen rajoitukset ja laskentavirhe saataisiin tarkemmin selville. Tämän opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että ohjelmalla voidaan laskea liikennettä, mutta käyttökelpoisuudesta erilaisissa olosuhteissa ei ole varmuutta. OD Soft on vasta hiljattain tullut markkinoille, joten sen sekä muiden vastaavien laskentaohjelmien kehitystä kannattaa seurata.

LÄHTEET

- Blip Systems. 2014. Viitattu 3.6.2014. <http://www.blipsystems.com/>
- Espoon kaupunki. 2014. Liikenne Espoossa 2013. Viitattu 8.5.2014. <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B5D10ACE1-1B6F-4D23-A4A4-6B261EE3ABBE%7D/46292>
- Helsingin kaupunki. 2013. Älyliikenne Helsingissä. Viitattu 28.5.2013. http://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2013-3.pdf
- Kameravalvontaopas. 2010. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 7.5.2014. http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Kameravalvontaopas_2010.pdf
- Klein, L. A. & Mills, M. K. & Gibson, D.R.P. 2006. Traffic Detector Handbook: Third Edition-Volume 1. Viitattu 27.5.2014. <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06108/06108.pdf>
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2013. Ohjelmia ja strategioita 1/2013: Älyä liikenteeseen ja viisautta liikkujille. Viitattu 28.5.2014 http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=2497124&name=DLFE-20006.pdf&title=%C3%84ly%C3%A4%20liikenteeseen%20ja%20viisautta%20liikkujille%20Toisen%20sukupolven%20alystrategia
- Liikennevirasto. 2013. Raskaan liikenteen enimmäismittojen ja -massojen korotus lisää rajoituksia. Viitattu 7.5.2014. http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/uutiset/2013/2013_910/01102013_massatjamat
- Logiroad. 2014. Viitattu 27.5.2014. <http://www.logiroad.com>
- Magenta. 2014. Viitattu 27.5.2014. <http://www.magentalab.it>
- Mattila, H. 2003. Tihallinnon selvityksiä 61/2003: Linkkikohtaisen liikennetilanteen ajantasainen arviointi. Helsinki: Oy Edita Ab. Viitattu 27.5.2014. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fits/julkaisut/hanke3/LILI_Tieh_VALMIS_verkkoversio.pdf
- Miovision. 2014. Viitattu 27.5.2014. <http://mivision.com>
- Niinikoski, M. & Laine T. 2005. Tiehallinnon selvityksiä 3/2005: Liikennetietojen käyttökohteet ja kehittämistarpeet. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 8.5.2014. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200913-vliikennetietojen_kayttokohteet.pdf

Sito Oy. 2014. Yleinen liikennelaskenta käynnissä. Viitattu 3.6.2014.
<http://www.sito.fi/tyot/yleinen-liikennelaskenta-kaynnissa/>

Tiehallinto. 2002. Sisäisiä julkaisuja 46/2001: Alemman tieverkon LAM. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 8.5.2014.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/4000311_alemman_tieverkon.pdf

Tiehallinto. 2009. Vaihtuvien opasteiden käyttö. Viitattu 28.5.2014.
http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100065-v-09-vaihtuvien_opasteiden_kaytto.pdf

Trafino Oy. 2014. Viitattu 27.5.2014. <http://www.trafino.fi>

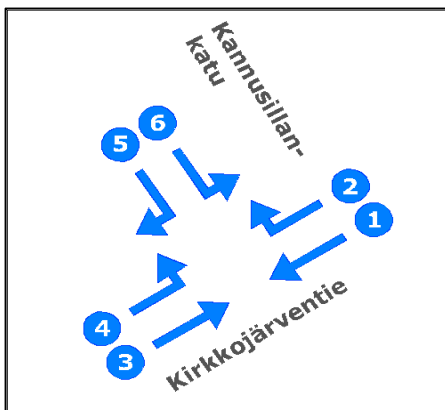
Universita di Bologna. 2008. Motion analysis and scene understanding. Viitattu 4.5.2014. http://cvg.deis.unibo.it/motion_en.html#shadow



Kirkkojärventie-Kannusillankatu liittymä



Kuvauskulma, Kannusillankatu kuvassa oikealla



Kääntymissuuntie numerointi ja kohteen sijainti (Kartta: OpenStreetMap)

Laskennan tiedot

Päivämäärä 25.4.2014

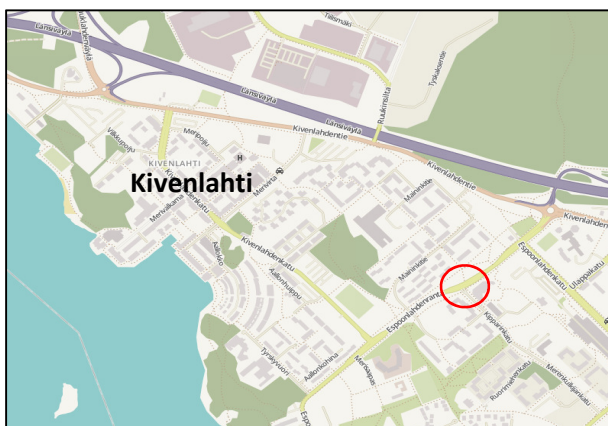
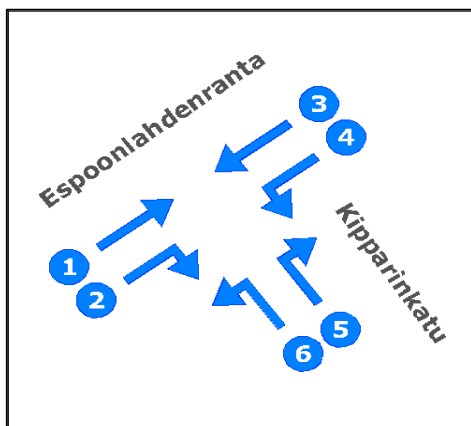
Klo 8.25-8.41

Kesto 16 min

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	68	5	65	8	3	3	5 %	38 %
2	5	0	3	0	2	0	67 %	0 %
3	56	2	60	4	4	2	7 %	50 %
4	8	0	12	0	4	0	33 %	0 %
5	12	1	12	0	0	1	0 %	
6	3	0	5	1	2	1	40 %	100 %
Yhteensä	152	8	157	13	15	7		



Kuvauskulma, Kipparinkatu kuvassa vasemmalla



Kääntymissuuntie numerointi ja kohteen sijainti (Kartta: OpenStreetMap)

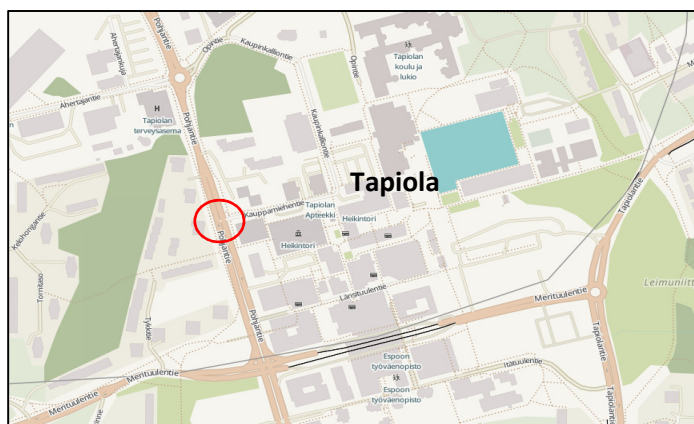
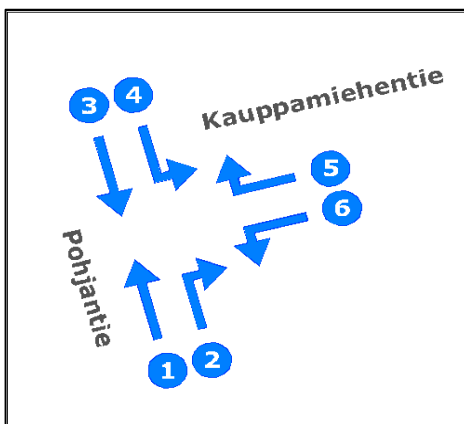
Laskennan tiedot

Päivämäärä 25.4.2014
Klo 9.51-10.07
Kesto 16 min

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	54	6	52	4	2	2	4 %	50 %
2	15	5	14	3	1	2	7 %	67 %
3	26	2	28	2	2	0	7 %	0 %
4	12	1	13	0	1	1	8 %	
5	15	0	14	1	1	1	7 %	100 %
6	10	1	12	1	2	0	17 %	0 %
Yhteensä	132	15	133	11	9	6	7 %	55 %



Kuvauskulma, Kauppamiehentie kuvassa oikealla



Kääntymissuuntie numerointi ja kohteen sijainti (Kartta: OpenStreetMap)

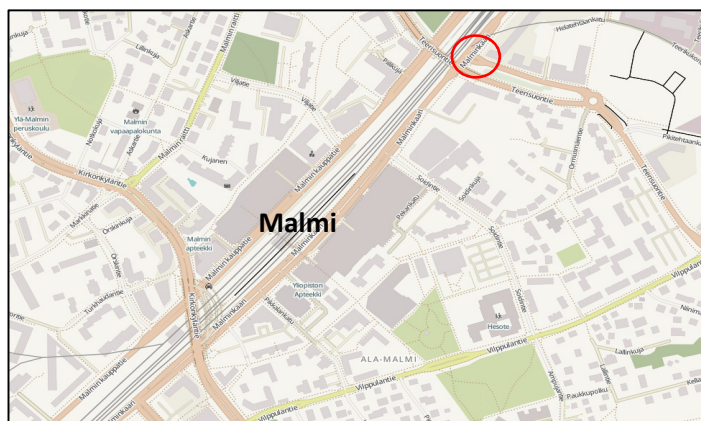
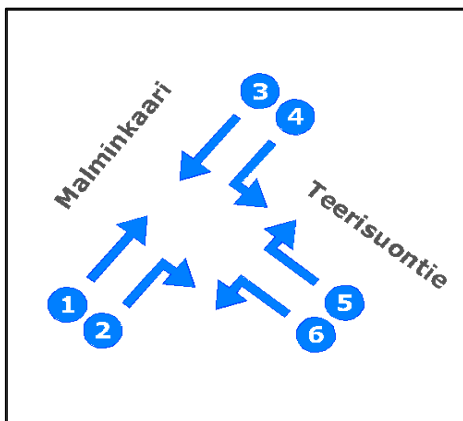
Laskennan tiedot

Päivämäärä 25.4.2014
Klo 12.34 - 12.47
Kesto 13 min

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	77	10	77	10	0	0	0 %	0 %
2	24	0	24	0	0	0	0 %	0 %
3	82	21	91	10	9	11	10 %	110 %
4	5	0	7	0	2	0	29 %	0 %
5	13	0	14	0	1	0	7 %	0 %
6	30	1	29	1	1	0	3 %	0 %
Yhteensä	231	32	242	21	13	11	5 %	52 %



Kuvauskulma, Teerisuontie kuvassa oikealla



Kääntymissuuntie numerointi ja kohteen sijainti (Kartta: OpenStreetMap)

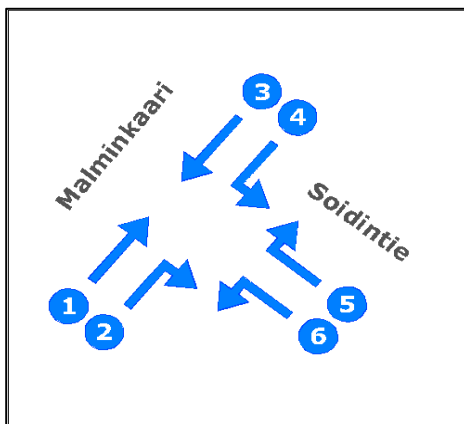
Laskennan tiedot

Päivämäärä 30.4.2014
Klo 12.10 - 12.25
Kesto 15 min

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	99	7	101	9	2	2	2 %	22 %
2	23	0	23	2	0	2	0 %	100 %
3	79	5	79	5	0	0	0 %	0 %
4	14	1	14	0	0	1	0 %	
5	15	1	16	0	1	1	6 %	
6	28	0	27	0	1	0	4 %	0 %
Yhteensä	258	14	260	16	4	6	2 %	38 %



Kuvauskulma, Soidintie kuvassa oikealla



Kääntymissuuntienumerointi ja kohteen sijainti (Kartta: OpenStreetMap)

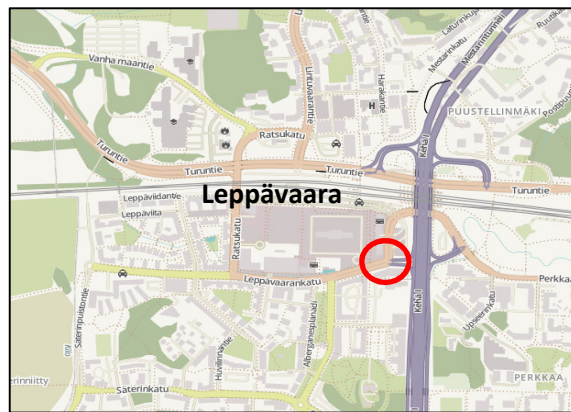
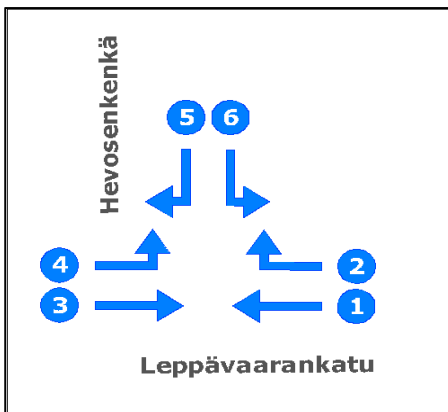
Laskennan tiedot

Päivämäärä 30.4.2014
Klo 12.36-12.59
Kesto 23 min

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	106	10	108	8	2	2	2 %	25 %
2	22	1	26	6	4	5	15 %	83 %
3	161	6	160	10	1	4	1 %	40 %
4	11	1	12	0	1	1	8 %	
5	86	2	83	0	3	2	4 %	
6	78	1	80	1	2	0	3 %	0 %
Yhteensä	464	21	469	25	13	14	3 %	56 %



Kuvasukulma, Hevoskenkä kuvassa oikealla



Kääntymissuuntie numerointi ja kohteen sijainti (Kartta: OpenStreetMap)

Laskennan tiedot

Päivämäärä	8.5.2014
Klo	15:00-16:30
Kesto	1 h 30 min

Leppävaarankatu-Hevosenkentä liittymä

15:00-15:30

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	115	0	115	1	0	-1	0,00 %	-100,00 %
2	32	0	37	4	-5	-4	-13,51 %	-100,00 %
3	133	0	134	1	-1	-1	-0,75 %	-100,00 %
4	134	1	134	3	0	-2	0,00 %	-66,67 %
5	113	3	114	2	-1	1	-0,88 %	50,00 %
6	171	2	169	3	2	-1	1,18 %	-33,33 %
Yhteensä	698	6	703	14	-5	-8		

15:30-16:00

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	125	0	126	3	-1	-3	-0,79 %	-100,00 %
2	47	0	48	3	-1	-3	-2,08 %	-100,00 %
3	123	0	125	0	-2	0	-1,60 %	
4	114	0	111	2	3	-2	2,70 %	-100,00 %
5	119	5	115	4	4	1	3,48 %	25,00 %
6	204	2	198	4	6	-2	3,03 %	-50,00 %
Yhteensä	732	7	723	16	9	-9		

16:00-16:30

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	150	0	153	0	-3	0	-1,96 %	
2	48	0	48	2	0	-2	0,00 %	-100,00 %
3	153	1	150	3	3	-2	2,00 %	-66,67 %
4	165	2	161	3	4	-1	2,48 %	-33,33 %
5	140	2	140	2	0	0	0,00 %	0,00 %
6	263	2	271	3	-8	-1	-2,95 %	-33,33 %
Yhteensä	919	7	923	13	-4	-6		

15:00-16:30 (Koko jakso yhteensä)

	OD Soft		Käsilaskenta		Virhe		Virhe %	
	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas	Kaikki	Raskas
1	390	0	394	4	-4	-4	-1,02 %	-100,00 %
2	127	0	133	9	-6	-9	-4,51 %	-100,00 %
3	409	1	409	4	0	-3	0,00 %	-75,00 %
4	413	3	406	8	7	-5	1,72 %	-62,50 %
5	372	10	369	8	3	2	0,81 %	25,00 %
6	638	6	638	10	0	-4	0,00 %	-40,00 %
Yhteensä	2349	20	2349	43	0	-23		